



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**Estudio de los parámetros de funcionamiento de un motor con GLP de  
1300 cm<sup>3</sup> con sistema OBD para determinar el tiempo de desgaste en su  
conjunto móvil**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

**AUTOR:**

Br. Quintana Gaona, Joau Marco (0000-0002-3036-269x)

**ASESOR:**

Mg. Deciderio Enrique Díaz Rubio (0000-0001-5900-2260)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

**CHICLAYO – PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a Dios por siempre guiarme por el buen camino del amor y la bondad y darme las fortalezas para siempre salir adelante.

Dedicado a mi familia por su apoyo constante, por sus consejos, por inculcarme sus valores y siempre ayudándome a superarme dándome fuerzas y velando por mi bienestar.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a dios por darme salud y vida para lograr mis metas propuestas, a mi familia por siempre alentarme a seguir adelante y nunca rendirme hasta cumplir mis objetivos.

Agradecer a la universidad cesar vallejo por darme la oportunidad al abrirme sus puertas para realizarme profesionalmente, y a todos los docentes que desinteresadamente me apoyaron y me guiaron y me aconsejaron en mi vida estudiantil y a todos mis amigos que siempre me apoyaron a cumplir mis sueños.

Además agradecer a la empresa conversiones racho s.a.c por el apoyo de forma desinteresada al brindarme los equipos para poder obtener los resultados de mi tesis.

## PAGINA DEL JURADO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### ACTA DE SUSTENTACION

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 11:00 horas del día 05 de julio del 2019, de acuerdo a los dispuesto por la resolución de dirección académica N° 1202-2019/UCV-CH, de fecha 04 de julio de 2019, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada: **"ESTUDIO DE LOS PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR CON GLP DE 1300 cm<sup>3</sup> CON SISTEMA OBD PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE DESGASTE EN SU CONJUNTO MÓVIL"**, presentado por el(la) (los) bachiller **QUINTANA GAONA, JOAU MARCO**, con la finalidad de obtener el título de ingeniero mecánico electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

Presidente : Ing. Fredy Dávila Hurtado  
Secretario : Ing. James Skinner Celada Padilla  
Vocal : Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

APROBADO POR MAYORIA

Siendo las 11:45 del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 05 de julio de 2019

Ing. Fredy Dávila Hurtado

Presidente

Ing. James Skinner Celada Padilla

Secretario

Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio

Vocal


## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, QUINTANA GAONA, JOAU MARCO con DNI N° 47997231, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejos, Faculta Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejos.

Chiclayo 1 de agosto del 2019



---

**JOAU MARCO QUINTANA GAONA**  
DNI. N° 47997231

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
PAGINA DEL JURADO .....	IV
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	V
ÍNDICE.....	VI
RESUMEN .....	X
ABSTRACT .....	XI
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
a) <i>Problemática internacional</i> .....	1
b) <i>Problemática nacional</i> .....	1
c) <i>Problemática local</i> .....	2
1.2 TRABAJOS PREVIOS .....	3
1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	4
1.3.1 <i>EL MOTOR</i> .....	4
1.3.2 <i>MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA</i> .....	4
1.3.3 <i>GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)</i> .....	5
a) Características técnicas del GLP .....	6
b) ¿Por qué el GLP? .....	7
c) Clasificación de los sistemas de GLP .....	7
d) Componentes del sistema dual gasolina – GLP.....	8
1.3.4 <i>MAQUINA TÉRMICA</i> .....	9
1.3.5 <i>SENSOR LAMBDA</i> .....	10
1.3.6 <i>SENSOR DE GOLPETEO O KS</i> .....	12
1.3.7 <i>COMPRESIÓN DEL MOTOR</i> .....	14
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	15
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	15
1.6 HIPÓTESIS.....	16
1.7 OBJETIVOS .....	16
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>17</b>
2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	17
2.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN .....	17
2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	20

2.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD .....	21
2.4.1	<i>Técnicas de recolección de datos</i> .....	21
2.4.2	<i>Instrumentos de recolección de datos</i> .....	21
2.5	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS .....	21
2.6	ASPECTOS ÉTICOS.....	21
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>22</b>
3.1	REALIZAR LA DESCRIPCIÓN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE 1300cm <sup>3</sup> , DURANTE EL FUNCIONAMIENTO EN GASOLINA Y GLP Y DESCRIBIR EL FUNCIONAMIENTO DE SISTEMA OBD DEL GLP ...	22
3.2	REALIZAR LA MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LOS SENSORES KS, LAMBDA Y LA COMPRESIÓN DEL MOTOR. ....	39
3.3	DETERMINAR EL TIEMPO DEL DESGASTE EN EL CONJUNTO MÓVIL DEL MOTOR. ....	45
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>51</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>53</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>54</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>54</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>55</b>
	<b>ACTA DE ORIGINALIDAD DE TESIS .....</b>	<b>62</b>
	<b>FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....</b>	<b>63</b>
	<b>AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: fases de funcionamiento de un motor de combustion interna.....	4
Figura 2: diagrama de instalación de GLP de quinta generación. ....	5
Figura 3: Esquema del motor reciprocante.....	10
Figura 4: Señal del sensor de detonación .....	13
Figura 5: Sensor de golpeteo o ks.....	13
Figura 6: Medidor de compresión de cilindros de motor. ....	14
Figura 7: Comparación de Potencia mecánica entre gasolina y GLP a 850 rpm .....	25
Figura 8: Comparación de Potencia mecánica entre gasolina y GLP a 1500 rpm .....	26
Figura 9: Comparación de Potencia mecánica entre gasolina y GLP a 2500 rpm .....	26
Figura 10: Comparación de Potencia mecánica a GLP en diferentes RPM.....	27
Figura 11: Activación del OBD.....	37
Figura 12: Comparación de la compresión del motor en gasolina y GLP.....	40
Figura 13: Comparación de la temperatura de los gases de escape del motor en gasolina y GLP.....	40
Figura 14: Comparación del voltaje del sensor de ks en gasolina y GLP .....	41



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> componentes de un sistema de GLP .....	8
<b>Tabla 2:</b> <i>Parámetros de funcionamiento del sensor de oxígeno</i> .....	11
<b>Tabla 3:</b> <i>Daños en el sensor de oxígeno</i> .....	12
<b>Tabla 4:</b> <i>Comparación de funcionamiento entre Gasolina y GLP.</i> .....	24
<b>Tabla 5:</b> <i>Comparación de consumo entre gasolina y GLP</i> .....	36
<b>Tabla 6:</b> datos obtenidos del vehículo de prueba nº 1 utilizando gasolina y GLP, cada 10000 Km. ....	39
<b>Tabla 7:</b> datos obtenidos del vehículo de prueba nº 2 utilizando gasolina y GLP, cada 10000 Km. ....	42
<b>Tabla 8:</b> datos obtenidos del vehículo de prueba nº3 utilizando gasolina y GLP, cada 10000 Km. ....	42
<b>Tabla 9:</b> datos obtenidos del vehículo de prueba nº 4 utilizando gasolina y GLP, cada 10000 Km. ....	43
<b>Tabla 10:</b> datos obtenidos del vehículo de prueba nº 5 utilizando gasolina y GLP, cada 10000 Km. ....	44
<b>Tabla 11:</b> Potencia mecánica a diferentes revoluciones y recorridos del vehículo .....	45
<b>Tabla 12:</b> potencia mecánica a 2500 rpm del vehículo de pruebas nº 1 .....	46
<b>Tabla 13:</b> cálculo de regresión lineal en gasolina.....	47
<b>Tabla 14:</b> cálculo de regresión lineal en GLP .....	48

## RESUMEN

La presente investigación denominada “**ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR CON GLP DE 1300 cm<sup>3</sup> CON SISTEMA OBD PARA DETERMINAR EL DESGASTE EN SU CONJUNTO MÓVIL**” se planteó con la finalidad de determinar el tiempo del desgaste del conjunto móvil del motor convertido a GLP con un kit de quinta generación de la marca STAG modelo QBOX PLUS.

Los resultados obtenidos de 5 vehículos de prueba determinan la variación de los parámetros entre ambos combustibles, obteniendo como resultado una disminución de la potencia mecánica (kw) durante el funcionamiento en GLP.

Realizando una comparación del consumo de combustible por kilómetro recorrido se determinó que el menor consumo es en gasolina, pero se logra un mayor ahorro económico para el usuario en GLP por ser este de menor costo. Se logra mayor beneficio económico cuando el recorrido del vehículo es extraurbano.

El tiempo de desgaste se determina mediante el método de análisis cuadrados de regresión lineal a partir de la potencia mecánica obtenidas cada 10000 kilómetros de recorrido del vehículo.

**Palabras claves:** tiempo de desgaste de un motor, conversiones de GLP, GLP vehicular, GLP.

## **ABSTRACT**

The present research called "STUDY OF THE OPERATING PARAMETERS OF AN ENGINE WITH LPG OF 1300 cm<sup>3</sup> WITH OBD SYSTEM TO DETERMINE THE WEAR IN ITS MOBILE SET" was proposed with the purpose of determining the time of wear of the mobile assembly of the engine converted to LPG with a fifth generation kit of the brand STAG model QBOX PLUS.

The results obtained from 5 test vehicles determine the variation of the parameters between both fuels, obtaining as a result a decrease of the mechanical power (kw) during the operation in LPG.

Making a comparison of fuel consumption per kilometer traveled, it was determined that the lowest consumption is in gasoline, but a greater economic saving is achieved for the user in LPG because it is the lowest cost. Greater economic benefit is achieved when the vehicle travel is extra-urban.

The wear time is determined by the linear regression square analysis method based on the mechanical power obtained every 10,000 kilometers of the vehicle's travel.

Keywords: time of wear of an engine, conversions of LPG, vehicular LPG, LPG.

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA**

### **a) Problemática internacional**

El aumento de los costos de los combustibles utilizados para el uso automotriz como la gasolina y el diésel, hace que las personas obtén por realizar conversiones de sus vehículos a GLP o GNC, siendo estos combustibles utilizados en gran parte del mundo hace más de 60 años. En la actualidad existen miles de vehículos convertidos de gasolina a GNC o GLP en EE.UU., Canadá, Italia, Rusia, Argentina, Venezuela, India, e otros países.

La falta de información de algunos mecánicos y usuarios causan miedo al momento de tomar una decisión, muchos piensan que el gas forma depósitos en la cámara de combustión y el escape, el gas reseca los pistones, el gas causa mayor desgaste del motor, el uso del gas permite el uso de un aceite más barato, una vez convertido a gas el motor tiene que ser reparado con mayor frecuencia. El gas quita fuerza. (WIDMAN, 2018).

(CISNEROS Cadena, 2018) “la falta de mantenimiento a los motores se crea un desgaste mayor de lo provisto, la fricción de los desgastes del motor también generan desgaste, y a su vez crean perdida de potencia del motor de hasta el 6%”.

El motor de combustión interna está conformado por un conjunto móvil en su interior, durante el funcionamiento del motor existen fricciones entre sus componentes móviles produciendo desgaste, imposibilitando el correcto funcionamiento.

“es normal el desgaste interno y este sucederá no importe lo que haga el técnico sin embargo, para retrasar los problemas, usted puede dirigir su atención a puntos de mantenimientos normal, incluyendo filtros de aceite, aire, combustible” (WAGNER, Jay, gerente para marca de servicio pesado de Clevite Engine Parts).

### **b) Problemática nacional**

“muchos comentan que el gas malogra el motor, sin embargo se ha detectado que lo que malogra es la mala instalación o conexiones realizadas con materiales de mala calidad, el daño no depende del combustible sino se la calidad del combustible” (ÁLVAREZ Kenny, gerente de comercialización Imerca).

“las partículas de azufre son altamente corrosivas, las cual reduce la vida útil del motor” (OSINERGMIN, 2017)

El Perú es un mercado reciente en el uso de hidrocarburos, durante sus 23 años se está produciendo varios cambios importantes en la industria nacional, existiendo una mayor demanda en el uso del GLP como combustible para uso vehicular, a pesar de la gran demanda que este en el Perú también existe una gran informalidad y la poca culturización sobre los beneficios que este combustible aporta.

Los usuarios reportan que al usar el GLP como combustible alternativo sus vehículos pierden potencia y tienen una reducción de 1 a 2 años de la vida útil del motor respecto a la gasolina.

### **c) Problemática local**

El creciente mercado automotriz de la ciudad de Chiclayo ha llegado para enero del año 2016 a un promedio de 300 mil vehículos de servicio público como privado (entrevista realizada por el grupo RPP al presidente de la central de empresas y operadores de taxis de Lambayeque, Juan Vásquez García), para febrero de este año 2018 se cuenta con 36 mil vehículos de servicio público (según cifras brindadas por el jefe de la unidad de tránsito PNP, comandante Abel Ramírez).

(CHINCHAY Zelada, 2017) en su tesis denominada “análisis técnico económico para incrementar el tiempo de vida de un motor gasolineros convertido a GLP”, realizó el estudio de los parámetros del vehículo en funcionamiento de un motor convertido a GLP, determinando sus fallas y el consumo de combustible; llegando a la conclusión que un motor gasolineros convertido a GLP se puede lograr un incremento en la vida útil de 1.15 años siempre y cuando se realicen los mantenimientos dentro de los tiempos requeridos y con repuestos de calidad.

Los conductores de servicio público reportan que sus unidades al usar un combustible alternativo como el GLP sus vehículos se desgastan más rápido el motor llegando a reparar en menor tiempo en un promedio de 2 a 3 años, a comparación al usar la gasolina que los puede llegar a durar sus motores de 4 a 5 años.

## 1.2 TRABAJOS PREVIOS

(ESPINOZA H, 2008) En su investigación denominada “modelo analítico para la determinación de la velocidad del desgaste en motores de combustión interna mediante análisis de lubricante” tiene como objetivo reducir costos realizando análisis del lubricante utilizado en dicho motor, realizando un cálculo matemático para determinar la velocidad del desgaste producido entre sus componentes, prediciendo la vida útil del motor. ESPINOZA plantea una relación entre la velocidad de desgaste de la máquina y la concentración de contaminantes en el aceite con la realización de un estudio experimental. Utilizando un espectrómetro de emisiones atómicas mide la contaminación producida por el desgaste del motor. Los resultados obtenidos se ajustan al modelo desarrollado confirmando su hipótesis del comportamiento del desgaste de los componentes de las máquinas.

(BARRERA Suarez, 2012) La investigación denominada “estudio del sistema GLP como combustible alternativo de uso en vehículos automotrices” comprende un análisis al sistema de GLP analizando sus características y destacando sus ventajas y desventajas frente al consumo de la gasolina determinando que el GLP es un combustible factible para el uso vehicular y disminuye la contaminación ambiental.

(ESPINOZA, y otros) En su investigación denominada “desgaste de un motor de encendido por chispa en condiciones de arranque y calentamiento usando gasolina y gas natural como combustible” por medio de análisis del lubricante por espectrometría de emisión durante un lapso de 100 horas de ensayo concluye que el uso del GNV como combustible en motores duales produce considerablemente menor desgaste que la gasolina, un desgaste menor de 8.56%.

## 1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

### 1.3.1 EL MOTOR

“parte sistemática de una máquina capaz de hacer funcionar un sistema, transformando algún tipo de energía (eléctrica, combustibles fósiles), en energía mecánica capaz de realizar un trabajo. En los automóviles este efecto es una fuerza que produce el movimiento” (Wikipedia, 2014)

Los más comunes tenemos:

- **Motor térmico**
- **Motores de combustión interna.**
- **Motores de combustión externa.**
- **Motor eléctrico.**

### 1.3.2 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Es una máquina térmica la cual genera energía mecánica de una energía química producida por la mezcla de aire y combustible dentro de una cámara de combustión. La mezcla química de aire - combustible es controlada de forma isométrica ingresando al motor por medio de la admisión y acumulándose en el cilindro del motor, posteriormente se produce una explosión generada por una chispa eléctrica, empujando un émbolo o pistón y de esta manera produciendo un trabajo mecánico generando el desplazamiento del automóvil. Los motores más comunes son:

- Motor de combustión interna de encendido provocado (MEP)
- Motor de combustión interna de encendido por compresión (MEC)

### FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

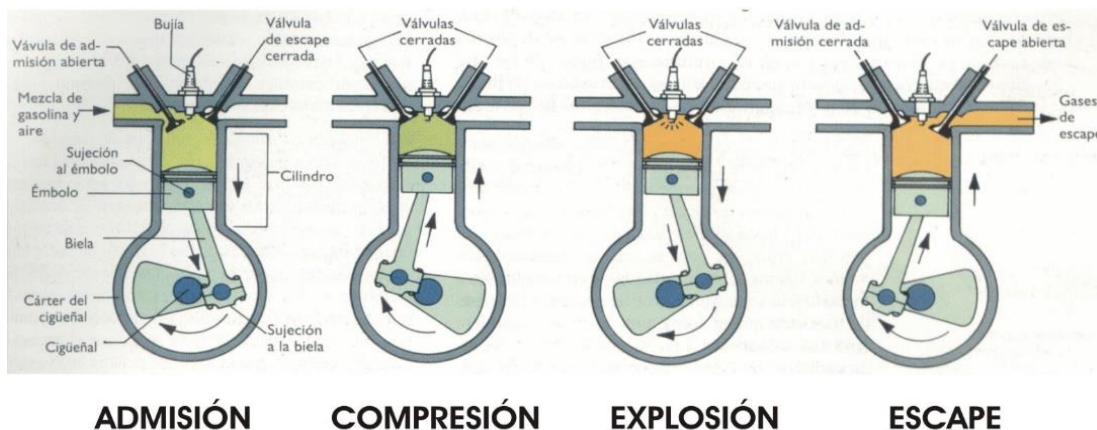


Figura 1: fases de funcionamiento de un motor de combustión interna

**Admisión:** es el inicio de una fase de trabajo del motor, el émbolo baja desde el punto muerto superior (PMS) y abre la válvula de admisión permitiendo el ingreso de aire combustible hasta llevar al punto muerto inferior (PMI) cerrándose la válvula de admisión e impidiendo el ingreso de aire combustible, hasta el momento el aire a dado ½ vuelta.

**Compresión:** el pistón sube desde el PMI hasta el PMS comprimiendo la mezcla de aire combustible en esta fase las válvulas se encuentran cerradas y el cigüeñal ha dado 1 vuelta

**Explosión:** también llamado carrera de potencia o trabajo, ingresa por medio de una bujía una chispa encendiendo la mezcla de aire combustible y empujando al pistón hasta el PMI, hasta el momento el cigüeñal ha dado 1 vuelta y ½ de revolución.

**Escape:** esta es la última fase de trabajo del cigüeñal, el émbolo sube hasta el PMS abriéndose la válvula de escape dejando escapar los gases quemados durante la explosión hacia el exterior y de esta manera quedando listo el motor para realizar un nuevo trabajo.

El cigüeñal ha realizado 2 vueltas completando las 4 fases de trabajo de un motor de combustión interna de 4 tiempos.

### 1.3.3 GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)

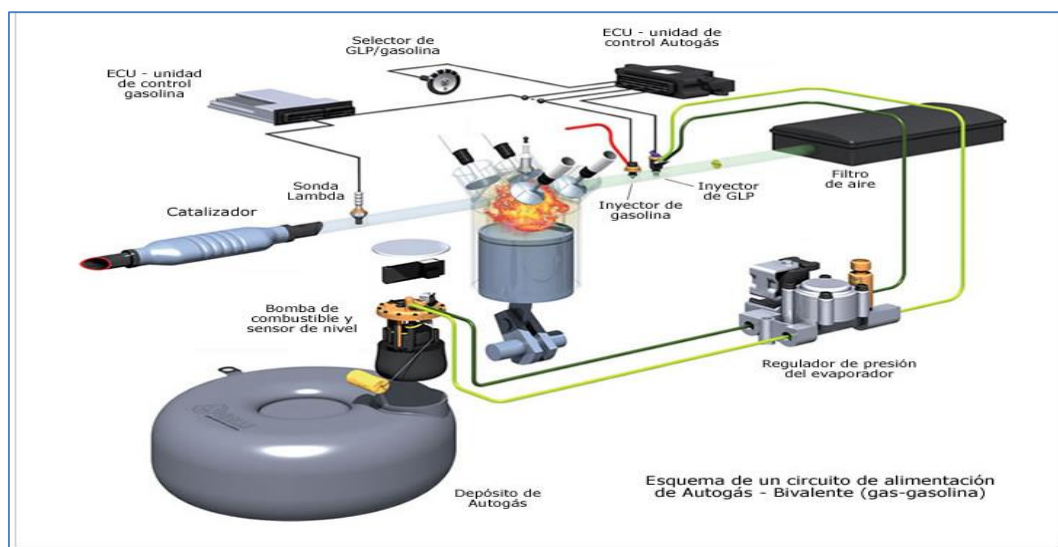


Figura 2: diagrama de instalación de GLP de quinta generación.

El GLP es un derivado del petróleo compuesto por mezcla de hidrocarburos, se obtiene mediante un proceso de refinación. Donde resaltan el propano  $C_3H_8$  y el butano  $C_4H_{10}$ , aproximadamente el 60% del GLP está constituido por Butano y el 40% por Propano, cuando son almacenados están en fase líquida, pero cuando ingresan al motor, se cambia a fase gaseosa. El GLP, en el proceso de combustión, utiliza el aire atmosférico que está constituido



por el oxígeno y el nitrógeno, en proporción 3,76 veces nitrógeno y 1 de oxígeno, por lo cual en los gases de la combustión que expulsan al medio ambiente

En el Perú la destilación de petróleo crudo lo realiza Petroperú en la Refinería Talara, cumpliendo con las especificaciones de calidad de la Norma Técnica Peruana NTP 321.007, en concordancia con el estándar internacional American Society for Testing and Materials (ASTM) D 1835,

El GLP está compuesto principalmente de un 60% de gas Propano ( $C_3H_8$ ) y 40% de gas Butano ( $C_4H_{10}$ ). Es un gas que no tiene color ni olor, por tal motivo se le agregan olores por seguridad del consumidor y los equipos, su transporte se realiza en estado líquido y su uso o consumo en estado gaseoso. Permanece líquido a presiones relativamente bajas (de 4 a 12 bares). En estado normal de presión y temperatura ambiente (1 atmósfera y  $20^{\circ}C$ ), el GLP está en estado gaseoso, pero para dar facilidades en el almacenaje y transporte, se tiene que licuar y vaporizar, así se usa como combustible en las calderas y motores (CORONADO Agreda, 2017 pág. 13)

#### **a) Características técnicas del GLP**

- Se almacena y transporta en estado líquido, manteniéndolo bajo presión en los tanques.
- No contiene plomo.
- Permanece en estado gaseoso a temperatura normal y presión atmosférica.
- No tiene color; es transparente en su estado líquido.
- No tiene olor; se le agrega una sustancia de olor penetrante para detectarlo en caso de fuga (etil mercaptano)
- Es muy inflamable. Cuando se escapa, se vaporiza y se enciende violentamente con una pequeña llama o chispa.
- Presenta combustión limpia y eficiente, sin formación de humos, hollín o cenizas, por lo que ocasiona reducidas emisiones tóxicas al medio ambiente.
- Elevado poder calorífico por unidad de peso y volumen.
- Mínimo contenido de azufre.
- Máxima economía por ahorro en combustible y mantenimiento.
- Elevado octanaje (Research Octane Number) superior a 100, evitando así el molesto "pistoneo" del motor.
- Permite una mayor duración del aceite lubricante.
- Prolonga la vida útil del motor.

### **b) ¿Por qué el GLP?**

Es uno de los combustibles más baratos su costo es un 50 % menor que la gasolina, es menos sensible a las oscilaciones y no produce pistoneos además de ser un combustible ecológico reduciendo un 95% las emisiones de NOx (óxidos de nitrógeno) respecto al diésel y las emisiones de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) respecto a la gasolina, dependiendo a las condiciones que se encuentre el motor la emisión de partículas contaminantes en mínima.

El GLP se puede obtener de forma fácil a diferencia de otros combustibles y es adaptable a todos los vehículos con motor a gasolina, tiene un mayor rendimiento, dependiendo del estado del motor se puede llegar a reducir un 30% los costos de mantenimiento.

### **c) Clasificación de los sistemas de GLP**

#### **Tercera generación**

Desde la utilización del GLP como combustible alternativo para el uso vehicular trajo consigo los primeros sistemas duales (gasolina – GLP) llamados de tercera generación, los cuales se caracterizaron por ser de lazo abierto y lazo cerrado, pero ambos sistemas estaban diseñados para vehículos con carburador. El único punto de suministro de GLP es por medio de un mezclador el cual se encarga de dosificar de acuerdo al flujo de entrada de aire de ingreso al motor.

Los sistemas de tercera generación son recomendables solo para vehículos hasta 1996. Y no son recomendables para motores turbo o sobre alimentados.

#### **Quinta generación**

Este sistema es utilizado en vehículos desde 1997 hasta la actualidad, son aplicados a vehículos con sistema de inyección electrónica multipunto, en la actualidad este sistema ha ido desarrollando, logrando ser más eficientes.

Los sistemas de quinta generación constan de un conjunto de inyectores que trabajan de forma independiente para cada cilindro del motor. Los inyectores de GLP obedecen las órdenes de los pulsos de inyección que son enviados desde una ECU (unidad de control electrónico), además de controlar la inyección de GLP permite realizar lecturas de presión de trabajo, temperatura del reductor y del GLP y los tiempos de inyección de gasolina.

#### d) Componentes del sistema dual gasolina – GLP.

El sistema dual-combustible está constituido por un kit de conversión, que hace posible operar de forma correcta el vehículo según su diseño original.

**Tabla 1:** *componentes de un sistema de GLP*

componentes	Características	Especificaciones técnicas
Reductor	Función principal es mantener la presión estable en el circuito (reductor – inyector). Reducir la presión almacenada del tanque. Cambiar de estado del GLP, del líquido a gaseoso.	<b>Modelo:</b> Alaska. <b>Potencia:</b> 100 – 120 HP <b>Presión:</b> 0,9 – 1,3 bar <b>Temperatura de trabajo:</b> -20°C – 120°C
Unidad de control electrónico	Es la unidad electrónica encargada de controlar todos los componentes del sistema de GLP y de los tiempos de dosificación del gas.	<b>Modelo :</b> STAG-A QBOX PLUS Autoadaptación OBD. Opción de lector OBD amplía con cancelación automática de errores.
Inyectores ACW01	Dosifica la cantidad exacta de gas vaporizada para cada cilindro	<b>Presión:</b> 1.2 bar <b>Diámetro:</b> 1.8 mm
Sensor - Map	Realiza la medición de la presión del gas, se la supresión en el colector y la temperatura del gas en la vía de gas	<b>Modelo:</b> PS 04 <b>Temperatura de trabajo:</b> -40°C – 125°C <b>Presión de trabajo:</b> hasta 6,75 bar <b>Supresión de trabajo:</b> hasta 4,50 bar
Filtro de gas	Impide el paso de impurezas solidas contenidas en el GLP, su diseño permite retener partículas mayores de 50u.	<b>Tipos:</b> fase liquida y fase gaseosa <b>Presión de trabajo:</b> hasta 15 bar <b>Tiempo de duración:</b> 20000 km
Tanque de GLP	Depósito de almacenamiento de GLP en forma líquida ubicado en la parte posterior del vehículo.	<b>Modelo:</b> cilíndrico, toroidal y lenteja. <b>Volumen máximo:</b> 80% <b>Presión:</b> hasta 22 bar.

Multiválvulas	Componente mecánico que permite el ingreso y salida de combustible (GLP). provisto e varios mecanismos de seguridad (limitador de combustible al 80%, válvula de retención, válvula de exceso de flujo, corte eléctrico, válvula manual y válvula de alivio de presión)	<b>Modelo:</b> cilíndrica o toroidal <b>Brida:</b> interna o externa <b>Grados:</b> 30% o 0% <b>Presión de apertura de la válvula de alivio:</b> 27 bar
Conmutador	Control de mando en el cual se selecciona el modo en el que se quiere circular (gasolina – GLP) además indica el nivel de combustible	
Toma de llenado	Válvula de abastecimiento estandarizada para poder abastecer en cualquier surtidor, de fácil acceso montada sobre la carrocería.	<b>Presión de trabajo:</b> 25 bar
Cañerías	Son las líneas de conducción por donde se traslada el GLP en forma líquida. Fabricadas de cobre sin costura. Y tienen que estar protegidas por un revestimiento de PVC y de golpes, roces o vibraciones.	<b>Diámetro:</b> 6mm y 8mm <b>Presión de trabajo:</b> hasta 25 bar
Mangueras	Conducen el GLP en fase gaseosa desde el reductor hacia los inyectores	<b>Presión de trabajo:</b> hasta 4 bar

Fuente: elaboración propia

### 1.3.4 MAQUINA TÉRMICA

“Son aquellas que reciben calor de una fuente a muy alta temperatura, transformando el calor en trabajo, el calor no útil expulsa hacia un sumidero de baja temperatura como la atmosfera, siempre trabajan en un ciclo” (CENGEL, y otros, 2012 pág. 282).

$$ET = \frac{\text{trabajo}}{\text{calor}} = \frac{TN}{CE}$$

Dónde:

$ET$  = Eficiencia térmica (%)

$TN$  = Trabajo (j)

$CE$  = Calor latente (KJ)

$CS$  = Calor de salida (KJ)

$$ET = 1 - \frac{CS}{CE}$$

$$TN = CE - CS$$

## Maquinas reciprocante

“La máquina reciprocante es un dispositivo compuesto por cilindro y embolo” (CENGEL, y otros, 2012 pág. 497).

Las maquinas reciprocante están compuestas por un motor compartido en 2 partes la primera: una culata que en su interior consta de 2 juegos de válvulas para admisión y escape por las cuales ingresa la mezcla estequiometrica de aire combustible y por las válvulas de escape sale los residuos de la combustión hacia el exterior. la segunda parte es un block, en su interior se encuentra un pistón que se desplaza de forma vertical desde el PMS hasta el PMI, por medio de unos anillos mantiene una presión y evita fugas de aceite. El desplazamiento del pistón empuja una biela convirtiendo el movimiento alternativo en movimiento rotativo en el cigüeñal del motor.

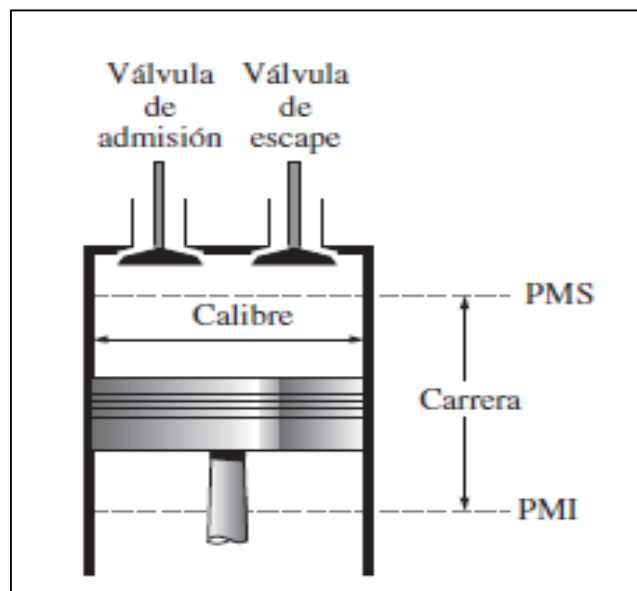


Figura 3: Esquema del motor reciprocante

### 1.3.5 SENSOR LAMBDA

“sensor encargado de medir la cantidad de oxígeno en los residuos de los gases de escape del vehículo comparándolos con el aire exterior. Esto permite regular la mezcla de aire combustible de ingreso al motor logrando un funcionamiento ideal del catalizador. Obteniendo como resultado una mezcla ideal de aire-combustible con niveles mínimo de emisión de gases, y reduciendo hasta un 15% del consumo de combustible” (BOSCH, 2015 pág. 17).

Son fabricados de cerámica de circonio o de titanio y cubiertos por un fino baño de platino, los sensores de oxígeno pueden superar la temperatura de los 300 °C en el caso de los de circonio, y los 500 °C en los de titanio.

**Mezcla pobre:** es el resultado de un exceso de aire en la mezcla aire-combustible, incrementando la temperatura de la combustión, facilitando la aparición de óxidos de nitrógeno (Nox), además si la mezcla es muy pobre, el combustible no llega a inflamarse y el motor se para.

**Mezcla rica:** producido por el exceso de combustible en la mezcla de aire-combustible, al no poder combinarse completamente con el aire el exceso de combustible es expulsado por el escape generando CO (monóxido de carbono).

La fórmula para calcular el valor de lambda es:

$$\lambda = \frac{\text{masa de aire real}}{\text{masa teorica del aire}}$$

**Tabla 2:** *Parámetros de funcionamiento del sensor de oxígeno*

Contenido de oxígeno en gases de escape	Voltaje de salida del sensor	Mezcla aire / combustible
Normal	= 1	Combustión perfecta
Baja	< 1	Mezcla rica
Alta	> 1	Mezcla pobre

Fuente: Bosch

La relación estequiométrica correcta entre el aire y el combustible de un motor a gasolina es de 14,7:1, es decir se necesita 14,7 gramos de aire por cada gramo de gasolina, tener una mezcla óptima de aire combustible permite lograr un ahorro económico en combustible y un buen rendimiento del vehículo.

El sensor lambda se debe dar mantenimiento cada 40,000 a 50,000 kilómetros, el mantenimiento se realiza limpiándolo con gasolina blanca o líquido presurizado para limpiar carburadores.

#### **Tipos de sensores de oxígeno**

- Dióxido de circonio (ZrO<sub>2</sub>)
- Dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>)
- BANDA ANCHA

**Tabla 3:** *Daños en el sensor de oxígeno*

<b>Estado del sensor</b>	<b>Posible causas</b>	<b>Solución</b>
Color verdoso, decoloración granoso	Ingreso de refrigerante a la cámara de combustión	Revisar monoblock, culata y cambiar sensor de oxígeno
Color negro con contaminación de aceite	Consumo excesivo de aceite	Revisar monoblock, culata y cambiar sensor de oxígeno
Decoloración café oscuro	Mezcla rica de aire combustible	Revisar inyectores de combustible y cambiar sensor de oxígeno
Decoloración rojiza o blanquecina	Aditivos en la gasolina	No utilizar aditivos y cambiar sensor
Cable roto	Excesiva tensión de los cables	Reemplazar el sensor o un nuevo cable sin mucha tensión
Daños en el aislante del cable	Golpes posiblemente por piedras	Reemplazar el sensor de oxígeno

Fuente: Bosch

### **1.3.6 SENSOR DE GOLPETEO O KS**

La función de un sensor de detonación es proporcionar un mejor desempeño y economía de los motores, está constituido por una pieza de material piezoeléctrico montado en un armazón de metal que al detectar las vibraciones producidas por la explosión o detonación dentro de la cámara de combustión del motor generando una tensión de corriente que aumentara si las vibraciones aumentan.

El sensor se encuentra ubicado en la parte baja del múltiple de admisión reportando el nivel de cascabeleo del motor. Si el cascabeleo es demasiado es dañino al motor está indicando que el tiempo de inyección está muy adelantado.

La frecuencia de detonación (pistoneo) es aproximadamente de (5 – 6 KHZ)

Para un correcto funcionamiento se recomienda dar un torque específico para no alterar la señal generada por el sensor. Se recomienda el torque de 2,0 a 2,5 kgf.m.

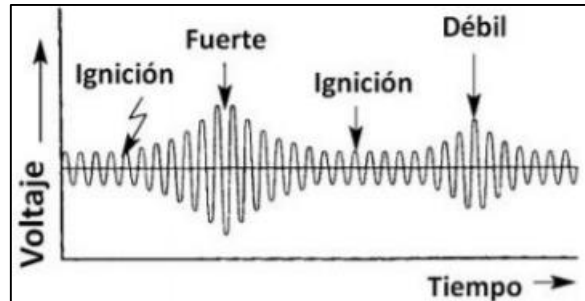


Figura 4: Señal del sensor de detonación

### Señales de fallas

- Pérdida de potencia
- Golpeteo
- Consumo excesivo de combustible
- Encendido prematuro
- Marcha mínima inestable
- Cascabeleo del motor y por lo tanto deterioro de algunas partes mecánicas.



Figura 5: Sensor de golpeteo o ks



## **Mantenimiento**

No existe ningún mantenimiento por lo tanto al fallar el sensor de golpeteo tan solo se procede a realizar el cambio cada que sea necesario

### **1.3.7 COMPRESIÓN DEL MOTOR**

Cuando un motor se encuentra emanando humo negro o azul por el tubo de escape y ha perdido su potencia de trabajo, es un indicador para realizar una medición a la compresión de los cilindros para observar el estado en el que se encuentra la presión dentro del motor. La compresión del motor influye directamente en el rendimiento del vehículo, a haber pérdidas en el cilindro el vehículo tiende a consumir aceite y combustible.



Figura 6: Medidor de compresión de cilindros de motor.

#### **Procedimiento para realizar la medición de compresión**

- Calentar el vehículo hasta su temperatura normal de trabajo y apagar el vehículo.
- Desconectar las bobinas de encendido y retirarlas.
- Retirar todas las bujías del motor.
- Instalar la boquilla del medidor de compresión en el primer cilindro reemplazando a la bujía (al enroscar la boquilla no forzar podría dañar la rosca del block).

- Por neutro el vehículo y dar arranque el motor con el pedal del acelerador al fondo durante un tiempo de 2 a 3 segundos.
- Observar la lectura de compresión y anotarla.
- Descargar el medidor de compresión para retirarlo de la bujía y repetir el mismo procedimiento con los demás cilindros.

Los valores de compresión de un motor que se encuentra en correcta condiciones se encuentran en un rango de 100 a 185 PSI (6,89 a 12,76 bar). La diferencia de compresión que debe existir de cilindro a cilindro no debe ser mayor a 20 PSI (1,38 bar).

La compresión mínima para que un motor pueda trabajar o debe ser menor a 110 PSI, si se encontrara debajo de esos valores en motor no se encuentra en condiciones de realizar trabajos.

## **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿ES POSIBLE DETERMINAR EL TIEMPO DE DESGASTE DEL CONJUNTO MÓVIL DE UN MOTOR CON GLP DE 1300 CM<sup>3</sup> CON SISTEMA OBD, MEDIANTE EL ESTUDIO DE SUS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO?

## **1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

### **1.5.1 AMBIENTAL**

La utilización de una tecnología limpia y ecológica, reduciendo emisiones contaminantes de NOx (óxidos de nitrógeno), CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono, (HC) hidrocarburos, (CO) monóxido de carbono y amoníacos (NH<sub>3</sub> ).

### **1.5.2 ECONÓMICA**

Determinar o predecir el tiempo del correcto funcionamiento del motor y poder tomar las precauciones requeridas para alargar su correcto funcionamiento.

Se logra un ahorro del 50% en combustibles respecto a la gasolina.

### **1.5.3 SOCIAL**

Fomentar e incentivar a la población a realizar el seguimiento de sus diversas unidades para determinar su correcto funcionamiento, además sobre los beneficios que se obtendrán con el uso de combustible alternativo

### **1.5.4 TÉCNICA**

Conocer la performance del vehículo sometido a diversos regímenes de trabajo utilizando un combustible alternativo. Además la correcta instalación de los componentes, sus mantenimientos, la correcta programación para la buena operatividad y desempeño del vehículos y conocer el funcionamiento y parámetros de trabajo de los sensores KS y LAMBDA.

## **1.6 HIPÓTESIS**

El tiempo de desgaste del conjunto móvil del motor de 1300 cm<sup>3</sup> con GLP se determina mediante el estudio de los parámetros de funcionamiento.

## **1.7 OBJETIVOS**

### **1.7.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar el estudio de los parámetros de funcionamiento de un motor de combustión interna de 4 tiempos con GLP de 1300 cm<sup>3</sup> con sistema OBD para determinar el desgaste en su conjunto móvil

### **1.7.2 OBJETIVO ESPECIFICO**

1. Realizar la descripción del motor de combustión interna de 1300cm<sup>3</sup>, durante el funcionamiento en gasolina y GLP y describir el funcionamiento de sistema OBD del sistema de GLP.
2. Realizar la medición de los parámetros de los sensores KS, sensor LAMBDA y la compresión del motor.
3. Determinar el tiempo del desgaste del conjunto móvil del motor.

## II. MÉTODO

### 2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Es la planificación de forma general que realiza el investigador para obtener respuestas a las hipótesis

El presente estudio es de tipo:

- **No experimental:** en ello el investigador observa los fenómenos sin manipular la variable independiente, observándolo en su contexto natural para posteriormente analizarla.
- **Descriptivo:** la observación y recolección de datos se han realizado en un solo momento, tiene como propósito describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un solo momento dado.

### 2.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

#### 2.2.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Parámetros de funcionamiento de un motor con GLP de 1300cm<sup>3</sup>.

#### 2.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Desgaste en el conjunto móvil

#### 2.2.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	indicadores	Instrumentos	Escala de medición
<b>Variable independiente</b>  Parámetros de funcionamiento de un motor con GLP de 1300cm <sup>3</sup> .	Es el conjunto de operaciones que realizan los sistemas del motor, utilizando GLP como combustible, en el cual se evalúan la evolución en el tiempo de los parámetros de funcionamiento.	Los parámetros de funcionamiento varían en función a las condiciones de operación del motor, debido a la utilización de un combustible alternativo como el GLP.	Mecánicas	Relación de compresión Temperatura del GLP. Temperatura del refrigerante.	Guía de documentaria	Bar N/m KW
			Térmicas	Tiempos de inyección. Flujo másico del aire (MAP) Rpm.		°C
			Electrónica	Calidad de combustión (lambda). Lectura del sensor KS		segundos bar

<b>Variable dependiente</b>  Desgaste en el conjunto móvil	Es la erosión de material sufrida por una superficie solida por acción de otra superficie.	Se mide mediante información en términos en enseñanzas eléctricas obtenida por los sensores del motor	Tiempo de trabajo	Ovalización del cilindro.  Conicidad del cilindro.  Juego axial de la biela.	Guía documentaria	Horas. Kilómetros de recorrido.
			Kilómetros recorrido de consumo optimo	Juego axial del cigüeñal		

## 2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

**Población:** la población para la presente investigación es el motor de un TOYOTA YARIS 1.3 XLI que han realizado la conversión a GLP con sistema de quinta generación con la marca STAG QBOX PLUS con OBD de fabricaciones de los años 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016.

Según reporte de Centro de Inspección Técnicas Vehiculares en la ciudad de Chiclayo podemos encontrar 412 vehículos con estas características.

**Muestra:** de acuerdo a nuestra investigación a desarrollarse la presente investigación está determinada por la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N * Za^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Za^2 * p * q}$$

Dónde:

$N$  = Total de la población.

$Za$  = Para una seguridad del 90%.(1,64)

$d$  = Precisión (10%).

$p$  = Porcentaje estimado 2% = 0.02.

$q$  = 0.98% (1 – 0.02)

$$n = \frac{412 * 1.64^2 * 0.02 * 0.98}{0.1^2 * (412 - 1) + 1.64^2 * 0.02 * 0.98}$$

$$n = \frac{21.72}{4.16} = 5,22 \text{ unidades}$$

Por lo tanto para el desarrollo de investigación de la siguiente tesis se va a tener en cuenta como prueba a 5 unidades.

## **2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD**

### **2.4.1 Técnicas de recolección de datos**

#### **a) Observación directa**

Visitar el lugar de conversiones vehiculares y realizar las pruebas requeridas.

#### **b) Revisión documentaria**

Nos permite tener información de los manuales de fabricante sobre el tema a desarrollar.

### **2.4.2 Instrumentos de recolección de datos**

#### **a) Guía de observación**

Se verifica el funcionamiento de los vehículos en ambos tipos de combustible

#### **b) Guía de análisis de documentos**

Se verifica las fuentes de las revisiones técnicas de vehículos convertidos a GLP.

### **2.4.3 Validez y confiabilidad**

**Validez:** validación y aprobación de los instrumentos por uno a tres especialistas en el área.

**Confiabilidad:** Este proyecto tendrá la estabilidad o consistencia de los resultados obtenidos, accediendo mejoras de éxito.

## **2.5 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS**

La metodología aplicada son: análisis documental, conciliación de datos, comparación de resultados, todos los datos se han obtenido guías de control, comprensión de gráficos y registro de manuales.

## **2.6 ASPECTOS ÉTICOS**

Esta investigación está realizada con responsabilidad y utilizando fuentes de información confiables respetando los derechos de autor, beneficiando a la sociedad cuidando la salud y el medio ambiente.

Las personas que han participado para esta investigación se ha respetado su ideología y lo han hecho sin ningún tipo de discriminación y sin interés alguno.



### III. RESULTADOS

#### 3.1 REALIZAR LA DESCRIPCIÓN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE 1300cm<sup>3</sup>, DURANTE EL FUNCIONAMIENTO EN GASOLINA Y GLP Y DESCRIBIR EL FUNCIONAMIENTO DE SISTEMA OBD DEL GLP

La energía mecánica que se obtiene en un motor de combustión interna es producto de una energía química que reacciona dentro de la cámara de combustión. Los vehículos estudiados son vehículos duales (Gasolina – GLP), es decir trabajan con dos tipos de combustible, siendo el sistema de gasolina el original de funcionamiento.

Al funcionar el vehículo con un combustible alternativo como es el GLP presenta algunos cambios durante su funcionamiento. Estas variaciones se dan porque el GLP presenta una composición energética diferente a la gasolina, en cuanto a su poder calorífico y su octanaje, teniendo como consecuencia variaciones en el torque del motor y durante el consumo de combustible.

Para poder calcular la potencia mecánica en el eje en el cigüeñal se determina por la siguiente expresión.

$$P = T * w$$

$P$  = Potencia mecánica (watt).

$T$  = Torque (N –m).

$w$  = Velocidad angular (rad/s)

El torque en el eje es el producto de la fuerza con la se desplaza el pistón desde el PMS, al PMI; por el radio de giro del cigüeñal. La distancia de dicho desplazamiento se denomina “carrera” y se designa como  $S$ .

La fuerza se puede expresar como la relación entre la presión media indicada por el área del cilindro:

$$F = Pm * \frac{\pi * D^2}{4}$$

La velocidad angular con la velocidad de giro del cigüeñal se expresa de la siguiente manera:

$$\omega = \frac{2\pi RPM}{60}$$

Dónde:

RPM: Número de revoluciones por minuto del eje cigüeñal.

Por lo tanto, si se expresa la ecuación  $P = T \cdot \omega$ , y se reemplaza el valor del T,  $\omega$ , se tiene la ecuación de la potencia en todos los cilindros del motor:

$$P = \frac{\frac{\pi * D^2}{4} * Pm * Nc * S * RPM}{12000}$$

$P$  = Potencia mecánica (kw).

$D$  = Diámetro del cilindro (cm).

$Pm$  = Presión media de trabajo (BAR).

$Nc$  = Numero de cilindros.

$S$  = Carrera del cilindro.

Los vehículos utilizados cuentan con un motor modelo 2NZ-FE fabricado por TOYOTA, las pruebas se realizaron a 5 vehículos que llegaron al taller para realizar la conversión a GLP, la selección de vehículos se ha realizado de la siguiente manera:

Se han tenido en cuenta 3 requisitos fundamentales para que los vehículos sean considerados en la investigación.

- Vehículo de la marca TOYOTA modelo YARIS con motor modelo 2NZ-FE de 1300 cm<sup>3</sup>.
- Sistema de combustible dual (Gasolina – GLP) y realizar trabajo de servicio público.
- Motor estándar (no se realizado ningún mantenimiento correctivo dentro del motor).

**Las características técnicas con las que cuenta el motor 2NZ-FE son las siguientes:**

- $Nc = 4$
- $S = 79,60\text{mm}$  (0.0796 m)
- $D = 72\text{mm}$  (7.2cm)
- $e = 90\%$  (0.9)
- *potencia mecánica* = 64kw/6000 rpm

- **VVTI** = Sincronización variable de válvula inteligente (variación del tiempo de apertura de las válvulas de admisión y escape permitiendo tener un buen torque a bajas revoluciones y alta potencia en altas revoluciones).

**Tabla 4:** Comparación de funcionamiento entre Gasolina y GLP.

Vehículo de Prueba	Kilometraje	RPM	Funcionamiento a Gasolina		Funcionamiento GLP	
			Presión Media (Bar)	potencia mecánica (kw)	Presión Media (Bar)	potencia mecánica (kw)
Vehículo 1	9692	850	11.56	10.6	10.964	10.2
		1500	11.68	15.8	11.084	15.4
		2500	11.73	26.2	11.134	25.9
Vehículo 2	14264	850	11.51	10.4	10.914	10.1
		1500	11.63	15.4	11.034	15
		2500	11.71	25.8	11.114	25.4
Vehículo 3	24831	850	11.45	10	10.854	9.8
		1500	11.6	15	11.004	14.7
		2500	11.7	25.1	11.104	24.7
Vehículo 4	28756	850	11.37	9.6	10.774	9.2
		1500	11.57	14.8	10.974	14.4
		2500	11.67	24.6	11.074	24.1
Vehículo 5	30101	850	11.35	9.2	10.754	9
		1500	11.56	14.2	10.964	13.8
		2500	11.64	24	11.044	23.4

Fuente: elaboración propia

Las mediciones de presión media (BAR) y potencia mecánica (kw) se han realizado en 5 vehículos diferentes con diferencias de kilometraje, los 5 vehículos utilizados para realizar las pruebas requeridas poseen un sistema dual de combustible (Gasolina y GLP).

Los datos se han obtenido por medio de un scanner automotriz OBD2 (como todo instrumento electrónico el scanner es calibrado y actualizado cada 6 meses según el MTC por las empresas calibra o sistema automotriz) de la marca LAUNCH modelo X431 PRO 3 de uso profesional de conexión por bluetooth.

➤ **Procedimiento:**

Encender el scanner

Conectar el conector de diagnóstico en el conector OBD del vehículo.

Seleccionar la procedencia (americano, europeo, asiático), marca y modelo del vehículo.

Escaneo de forma manual y elegir le opción de escaneo del motor.

Elegir el tipo de computadora del motor.

Seleccionar la opción parámetros y elegir los parámetros que se requieren visualizar.

### Protocolo de pruebas.

- a) La revolución de giro del motor de 850, 1500, 2500 rpm son obtenidas por medio de la lectura del sensor CKP que se encuentra ubicado en el cigüeñal del motor y son leídas por el scanner.
- b) El registro del valor de la presión media, se obtiene de la lectura del scanner automotriz conectado en el OBD2 del motor, en su modo lectura de datos actuales.

- c) La potencia mecánica es obtenida por medio de la fórmula matemática:

$$P = \frac{\frac{\pi * D^2}{4} * Pm * Nc * S * RPM}{12000}$$

- d) Repetir las pruebas para el uso del GLP, bajo las mismas condiciones.

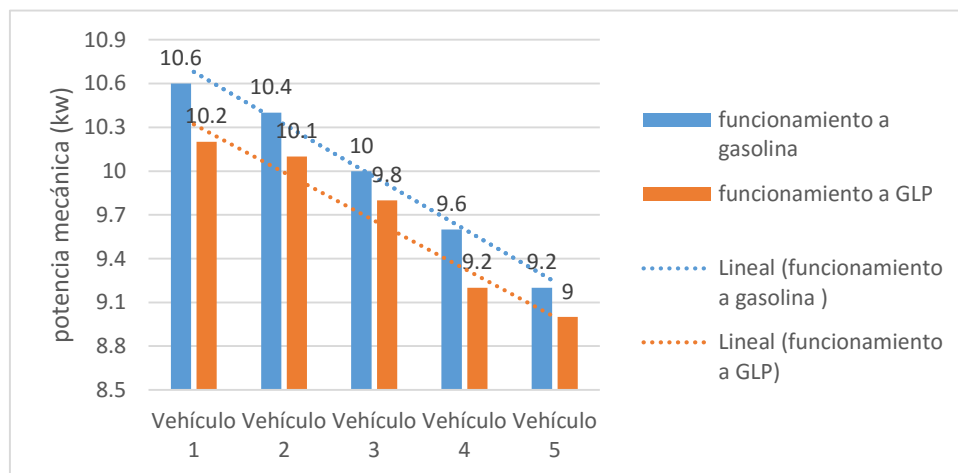


Figura 7: Comparación de Potencia mecánica entre gasolina y GLP a 850 rpm

En la figura 7 observamos el funcionamiento entre gasolina y GLP a 850 rpm existe una variación de potencia mecánica, siendo la gasolina como combustible original el que tiene mayor potencia mecánica.

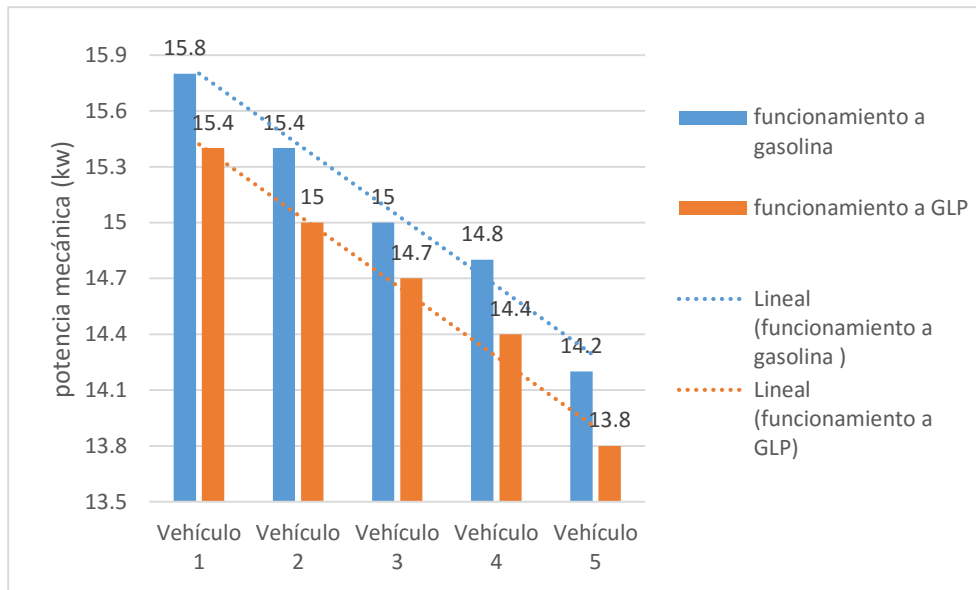


Figura 8: Comparación de Potencia mecánica entre gasolina y GLP a 1500 rpm

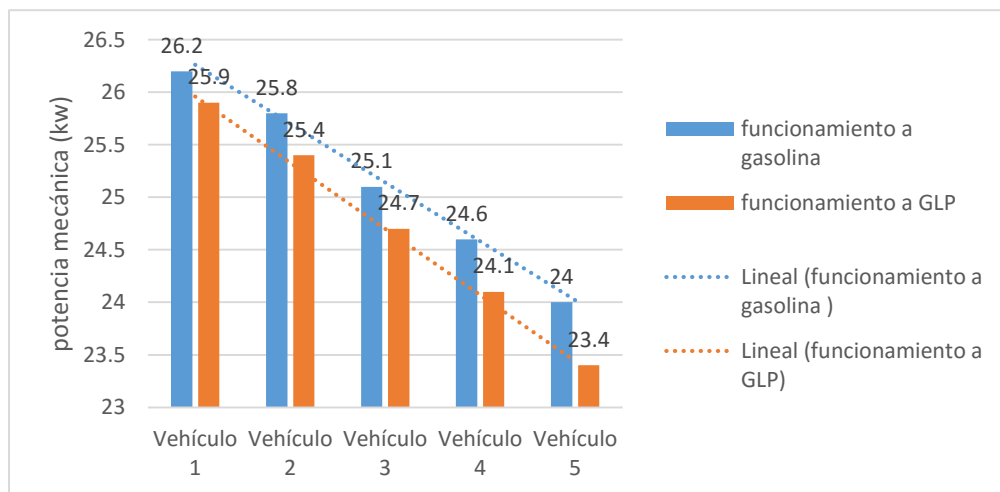


Figura 9: Comparación de Potencia mecánica entre gasolina y GLP a 2500 rpm

Los datos obtenidos en las diferentes figuras y a diferentes revoluciones se puede observar que siempre existe una diferencia de potencia mecánica siendo el sistema original de combustible que es la gasolina tiende a tener un mayor potencia durante el trabajo del motor.

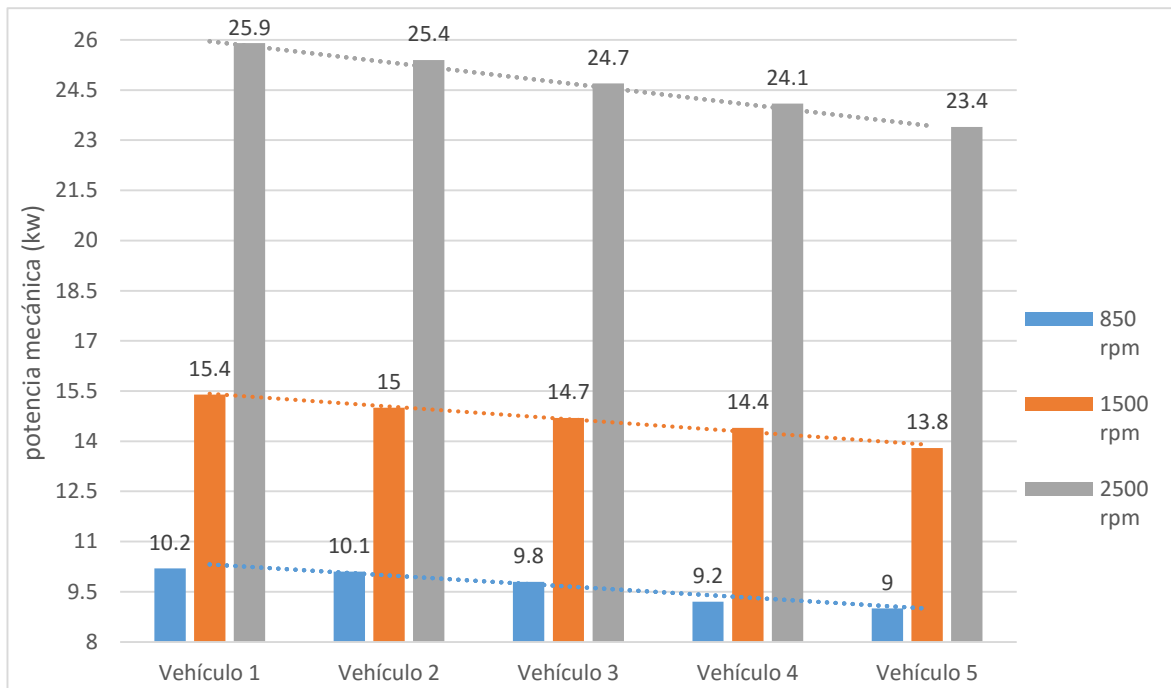


Figura 10: Comparación de Potencia mecánica a GLP en diferentes RPM

En la figura 10 nos demuestra las variaciones de potencia mecánica a diferentes rangos de funcionamiento de 850rpm, 1500rpm y 2500rpm de los 5 vehículos. Observándose que a mayor revolución mayor es la potencia mecánica obtenida.

Se determina que a mayor kilometraje de recorrido entre los vehículos de investigación existe una reducción de la potencia mecánica del motor, esta reducción de potencia es dada por el desgaste interno de los componentes móviles del motor.

### RELACIÓN AIRE COMBUSTIBLE TEÓRICO.

Cada reactante tiene sus propias características por lo tanto es necesario conocerlas para determinar la relación entre el aire - combustible.

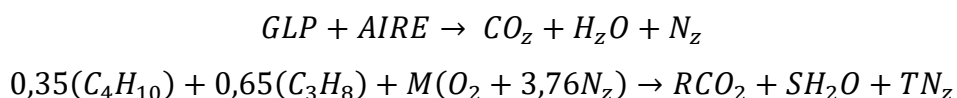
La siguiente tabla se describe la composición química de cada reactante que se encuentra compuesto por el aire y el combustible y además, la composición de los gases de la combustión.

#### Listas de reactantes y productos de la reacción química del GLP.

REACTANTES	PRODUCTOS
Aire: ( $O_2 + 3,76N_z$ )	Dióxido de Carbono: $CO_2$
GLP: $0,35(C_4H_{10}) + 0,65(C_3H_8)$	Vapor de Agua: $H_zO$
	Nitrógeno: $N_z$

## ECUACIÓN DE LA COMBUSTIÓN.

Nos determina de forma teórica la reacción exotérmica de la mezcla de sustancias llamadas combustibles con el oxígeno, determinando la cantidad de masas requeridas de combustible y oxígeno para una correcta combustión. Obteniendo los porcentajes de masas se puede calcular la relación estequiométrica de aire - combustible para cada combustión.



$$C = (0,35 * 4) + (0,65 * 3) = R$$

$$H = (0,35 * 10) + (0,65 * 8) = 2S$$

$$O = 2M = 2R + S$$

$$N = 2(3,76M) = T$$

Hallamos (R):

$$R = 1,4 + 1,65$$

$$R = 3,35$$

Hallamos (S):

$$2S = 3,5 + 5,2 = 8,7$$

$$s = 4,35$$

Hallamos (M):

$$2M = 2R + S$$

$$2M = 2(3,35) + (4,35)$$

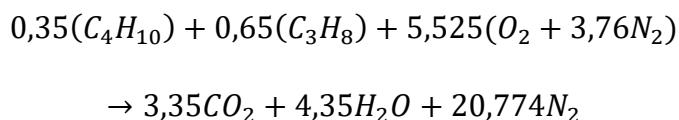
$$M = 5,525$$

Hallamos (T):

$$2(3,76M) = 2T$$

$$T = 20,774$$

El balanceo final es:



La masa del aire es igual a la masa de oxígeno más la masa de nitrógeno, teniendo en cuenta que los pesos atómicos del C=12; O=16; N=14 Y H=1, entonces la masa del aire que reacciona con 1Kg mol de GLP es:

- Masa del aire:

$$\text{masa del aire} = 5,525[(1 * 32Kg O_2) + (3,76 * 28Kg N_2)]$$

$$\text{masa del aire} = (5,525 * 32Kg O_2) + (20,774 * 28Kg N_2)$$

$$\text{masa del aire} = (176.8Kg O_2) + (581.67Kg N_2)$$

$$\text{Entonces la masa del aire es: } 176.8 + 581.67 = 758.47kg \text{ de aire}$$

- Masa del combustible:

$$0,35(C_4H_{10}) + 0,65(C_3H_8)$$

$$C = (12 * 4 * 0,35) + (12 * 3 * 0,65) = 16.8 + 23.4$$

$$H = (1 * 10 * 0,35) + (1 * 8 * 0,65) = 3,5 + 5,2$$

$$\begin{aligned} \text{por lo tanto la masa del combustible es: } & 16.8 + 23.4 + 3.5 + 5.2 \\ & = 48.9kg \text{ de combustible} \end{aligned}$$

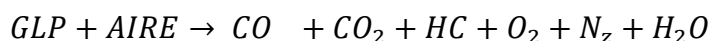
- Sustituyendo

$$r_{\text{aire/comb}} = \frac{758,47 \text{ kg aire}}{48,9 \text{ kg combustible}}$$

$$r_{\text{aire/comb}} = 15,51 \frac{\text{kg aire}}{\text{kg comb.}}$$

La relación estequiométrica de aire – combustible de forma teórica es de 15.51/1, quiere decir que para cada 1 kg de combustible se requiere 15.51 kg. Aire.

- **Relación aire combustible real**



$$0,35(C_4H_{10}) + 0,65(C_3H_8) + a(O_2 + 3,76N_2)$$

$$\rightarrow bCO + c CO_2 + d HC + e O_2 + fN_2 + gH_2O$$

$$C = (0,35 * 4) + (0,65 * 3) = b + c + d$$

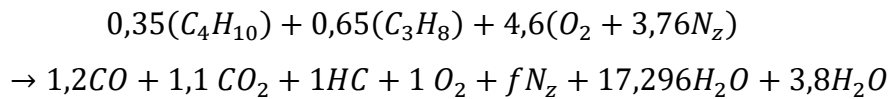
$$H = (0,35 * 10) + (0,65 * 8) = d + 2g$$



$$O = 2a = b + 2c + 2e + g$$

$$N = a(3,76)(2) = 2f$$

Por el método del tanteo tenemos:



- Masa del aire:

$$masa\ del\ aire = 4,6[(1 * 32Kg\ O_2) + (3,76 * 28Kg\ N_2)]$$

$$masa\ del\ aire = (4,6 * 32Kg\ O_2) + (17,296 * 28Kg\ N_2)$$

$$masa\ del\ aire = (147,2Kg\ O_2) + (484,29kg\ N_2)$$

$$Entonces\ la\ masa\ del\ aire\ es: 147,2 + 484,29 = 631,49\ kg\ de\ aire$$

- Masa del combustible:

$$0,35(C_4H_{10}) + 0,65(C_3H_8)$$

$$C = (12 * 4 * 0,35) + (12 * 3 * 0,65) = 16,8 + 23,4$$

$$H = (1 * 10 * 0,35) + (1 * 8 * 0,65) = 3,5 + 5,2$$

$$Entonces\ la\ masa\ del\ combustible: 48,9kg\ de\ combustible.$$

- Sustituyendo

$$r_{aire/comb} = \frac{631,49kg\ aire}{48,9kg\ combustible}$$

$$r_{\frac{aire}{comb}} = 12,91 \frac{kg\ aire}{kg\ comb.}$$

La relación estequiométrica real de aire – combustible es de 12.91/1, quiere decir que para cada 1 kg de combustible se requiere 12.91 kg. Aire.

## CONSUMO ESPECÍFICO DEL COMBUSTIBLE.

Nos determina la eficiencia que tiene un motor para transformar carburante en energía mecánica, expresando la cantidad de carburante en gramos para obtener una determinada potencia durante una hora de trabajo. Permite calcular la cantidad de combustible consumido por kilómetro de cada uno de los combustibles (gasolina – GLP), en diferentes rangos de funcionamiento (ralentí, carga)

- Cantidad de gas nuevo:

$$V_{fmin} = \frac{nf.Vh.i.n}{2} [l/min]$$

$V_{Fmin} = \text{Cantidad de gas nuevo por cilindro}[l/min]$

$V_h = \text{Cilindrada}(\text{del cilindro})[cm^3 \text{ o } l]$

$V_H = \text{Cilindrada}(\text{del Motor})[cm^3 \text{ o } l]$

$i = \text{numero de cilindros}[cm^3 \text{ o } l]$

$n = \text{revolucionesdel motor}[ l/min]$

$n_f = \text{grado de admision}$

- Densidad:

$$\rho = \frac{m}{v} [kg/m^3]$$

$$v = \frac{m}{\rho} [m^3]$$

### CONSUMO DE COMBUSTIBLE (GLP) EN L/KM:

Permite Calcular la masa de aire consumida para cada momento de combustión producido en el motor. Determinando el consumo especifico la cantidad de GLP requerido para recorrer una determinada distancia.

- a) **Para Velocidad Ralentí:** realizar los cálculos del consumo de combustible con el vehículo estacionado con 850 rpm aproximadamente para determinar la cantidad de masa de aire consumido y la cantidad de combustible (GLP) consumido.

- Datos adicionales:

Densidad del aire =  $1,28 \text{ kg}/m^3 = 0,00128 \text{ kg}/l$

Densidad del GLP. =  $0,56 \text{ kg}/l$

- Las características técnicas con las que cuenta el motor 2NZ-FE

✓ Cilindrada del motor 1300 cc = 1.3 litros

✓ Numero de cilindros = 4

✓ Rpm = 850

✓ Grado de admisión: 0,75

- Cálculo de gas nuevo:

$$Vfmin = \frac{nf.Vh.i.n}{2} [l/min]$$

$$Vfmin = \frac{(0,75) * (0,325) * (4) * (850)}{2} [l/min]$$

$$Vfmin = 414,375 [l/min]$$

- Relación aire/combustible a GLP:

$$r_{aire/comb} = 14,83 \frac{kg \text{ aire}}{kg \text{ comb.}}$$

$$\frac{m_{aire}}{m_{gasolina}} = 14,83 \frac{kg \text{ aire}}{kg \text{ comb.}}$$

$$\frac{m_{aire}}{m_{GLP}} = 14,83 \frac{kg \text{ aire}}{kg \text{ comb.}}$$

$$m_{aire} = 14,83 * m_{GLP}$$

- Cantidad de combustible por minuto

$$V_{aire} + V_{glp} = Vf$$

$$\frac{m_{aire}}{\rho_{aire}} + \frac{m_{GLP}}{\rho_{GLP}} = Vf$$

$$\frac{14,83 * m_{GLP}}{\rho_{aire}} + \frac{m_{GLP}}{\rho_{GLP}} = 248,6 [l/min]$$

$$m_{GLP} \left( \frac{14,83}{0,00128 \left[ \frac{kg}{l} \right]} + \frac{1}{0,56 \left[ \frac{kg}{l} \right]} \right) = 248,6 [l/min]$$

$$m_{GLP}(11585,93 + 1,88) = 248,6 [l/min]$$

$$m_{GLP}(11589,6) [l/kg] = 248,6 [l/min]$$

$$m_{GLP} = \frac{248,6 [l/min]}{(11589,6) [l/kg]}$$

$$m_{GLP} = 0,0215 \frac{[l/min]}{[l/kg]}$$

$$m_{GLP} = 0,0215 \frac{kg}{min}$$

- Masa del GLP en un litro:

Densidad del GLP=0,56 kg/l

$$\rho = \frac{m}{v} [kg/m^3]$$

$$\rho * v = m[kg]$$

$$0,56 * 1 = m[kg]$$

$$0,56 = m[kg]$$

- Consumo del combustible en l/km:

$$0,0215 \frac{kg}{min} * \frac{1l}{0,56} * \frac{60 min}{1h} = 2,30 \frac{l}{h}$$

$$\frac{2,30 \frac{l}{h}}{45 \frac{km}{h}} = 0,051 l/km$$

- b) Para Plena Carga:** realizar los cálculos de consumo de combustible determinando una carga al vehículo con un trabajo de 2500 rpm para determinar el consumo en un kilómetro de recorrido.

- Datos adicionales:

Densidad del aire =  $1,28 kg/m^3 = 0,00128 kg/l$

Densidad del GLP. = 0,56 kg/l

- Las características técnicas con las que cuenta el motor 2NZ-FE

Cilindrada del motor 1300 cc = 1.3 litros

Numero de cilindros = 4

Rpm = 2500

Grado de admisión: 0,75

- Calculo de gas nuevo:

$$V_{fmin} = \frac{nf.Vh.i.n}{2} [l/min]$$

$$Vfmin = \frac{(0,75) * (0,325) * (4) * (2500)}{2} [l/min]$$

$$Vfmin = 1218,75 [l/min]$$

- Relación aire/combustible a GLP:

$$r_{aire/comb} = 14,83 \frac{kg \text{ aire}}{kg \text{ comb.}}$$

$$\frac{m_{aire}}{m_{gasolina}} = 14,83 \frac{kg \text{ aire}}{kg \text{ comb.}}$$

$$\frac{m_{aire}}{m_{GLP}} = 14,83 \frac{kg \text{ aire}}{kg \text{ comb.}}$$

$$m_{aire} = 14.83 * m_{GLP}$$

- Cantidad de combustible por minuto

$$V_{aire} + V_{glp} = Vf$$

$$\frac{m_{aire}}{\rho_{aire}} + \frac{m_{GLP}}{\rho_{GLP}} = Vf$$

$$\frac{14,83 * m_{GLP}}{\rho_{aire}} + \frac{m_{GLP}}{\rho_{GLP}} = 1218.75 [l/min]$$

$$m_{GLP} \left( \frac{14,83}{0,00128 \left[ \frac{kg}{l} \right]} + \frac{1}{0,53 \left[ \frac{kg}{l} \right]} \right) = 1218.75 [l/min]$$

$$m_{GLP} (11585,93 + 1,88) = 1218.75 [l/min]$$

$$m_{GLP} (11587,81) [l/kg] = 1218.75 [l/min]$$

$$m_{GLP} = \frac{1218.75 [l/min]}{(11587,81) [l/kg]}$$

$$m_{GLP} = 0,1057 \frac{[l/min]}{[l/kg]}$$

$$m_{GLP} = 0,1057 \frac{kg}{min}$$

- Masa del GLP en un litro:

Densidad del GLP=0,56 kg/l

$$\rho = \frac{m}{v} [kg/m^3]$$

$$\rho * v = m[kg]$$

$$0,56 * 1 = m[kg]$$

$$0,56 = m[kg]$$

- Consumo del combustible en l/km:

$$0,1057 \frac{kg}{min} * \frac{1l}{0,56} * \frac{60 min}{1h} = 11.268 \frac{l}{h}$$

$$\frac{11.268 \frac{l}{h}}{75 \frac{km}{h}} = 0,15l/km$$

Según la ecuación de la combustión el consumo teórico de un vehículo modelo Yaris del año 2014 con motor de 1300cc su consumo por cada kilómetro recorrido a una velocidad promedio de 2500 rpm con carga el consumo seria de  $0,15l/km$ .

Por lo tanto en un recorrido de 100 kilómetros extraurbano el vehículo nos consumirá 15 litros de GLP, que con el precio actual que es de 1.69 soles por litro, el costo del recorrido es de 25.35 soles.

**Tabla 5:** Comparación de consumo entre gasolina y GLP

vehículo de prueba	tipo de recorrido	kilometraje por día (km)	Gasolina			GLP		
			consumo diario (galón)	consumo por kilómetro (galón)	precio	consumo diario (galón)	consumo por kilómetro	precio
vehículo 1	urbano	210	3.524	S/0.2304	S/48.38	6.24	S/0.190	S/39.90
	extraurbano	350	4.244	S/0.1665	S/58.28	7.82	S/0.143	S/50.00
vehículo 2	urbano	205	3.833	S/0.2568	S/52.63	6.41	S/0.200	S/41.00
	extraurbano	328	4.428	S/0.1854	S/60.80	7.54	S/0.147	S/48.24
vehículo 3	urbano	200	3.789	S/0.2601	S/52.02	6.57	S/0.210	S/42.00
	extraurbano	358	4.962	S/0.1903	S/68.13	7.67	S/0.137	S/49.04
vehículo 4	urbano	216	4.098	S/0.2605	S/56.27	6.75	S/0.200	S/43.20
	extraurbano	418	5.797	S/0.1904	S/79.59	9.33	S/0.143	S/59.71
vehículo 5	urbano	255	4.790	S/0.2579	S/65.76	7.89	S/0.198	S/50.49
	extraurbano	412	5.686	S/0.1895	S/78.07	9.76	S/0.152	S/62.42

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 5 observamos que el precio actual del GLP que se encuentra 1.69 soles por litro y durante un recorrido dentro de la ciudad realizando trabajos de colectivo los vehículos de prueba recorren entre 210 y 255 kilómetros diarios, lográndose ahorrar un promedio de 10 a 15soles diarios a comparación en gasolina con el mismo trabajo y el mismo recorrido.

Cuando el recorrido es extraurbano el ahorro obtenido por el usuario es mucho mayor y todo depende del recorrido que realice por ejemplo el vehículo 5 de pruebas realiza un recorrido extraurbano de 412 kilómetros, durante este recorrido el vehículo consume 78.07 soles en gasolina. Pero en GLP su consumo será de 62.42 soles, por lo tanto el vehículo logra obtener un ahorro de 15.65 soles.

Por lo tanto a mayor recorrido que tengo el vehículo y es zonas extraurbanas su consumo será menor y por lo tanto se lograra un mayor ahorro económico.

## FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE GLP QBOX PLUS.

- **Rango de valores de funcionamiento del GLP**

**Visualizar lectura de los tiempos de inyección de gasolina en cada cilindro:** los rangos de los tiempos de inyección son variables estos dependen de cada fabricante.

La mayoría de fabricantes trabajan con una temperatura de 80°C y con tiempos de diferencia que oscilan entre:

4 cilindros = 2 a 3 ms.

3 cilindros = 2.2 a 4 ms.

Si los valores exceden los valores establecidos se recomienda reiniciar el controlador de gasolina desconectando el borde positivo y negativo de la batería por un lapso de 10 minutos.

**Lectura de RPM en estado de ralentí (mínimo):** debe coincidir con el valor de RPM visualizado en el tacómetro del vehículo. En caso que no coincidir las RPM debemos disminuir el valor de detención debajo del valor de pos inyección determinado.

**Lectura de la presión del colector de admisión (bar):** el rango de trabajo normal es de 0.25 a 0.35.

**Lectura de la temperatura del reductor:** transmitida por el líquido refrigerante del motor, es condicionante para realizar el cambio a gas y la auto calibración.

**Lectura de la temperatura del gas:** lecturas tomadas después de la salida del gas del reductor, es la temperatura del gas que ingresa a la admisión.

- **Lectura de parámetros configuración del sistema OBD del sistema de GLP**

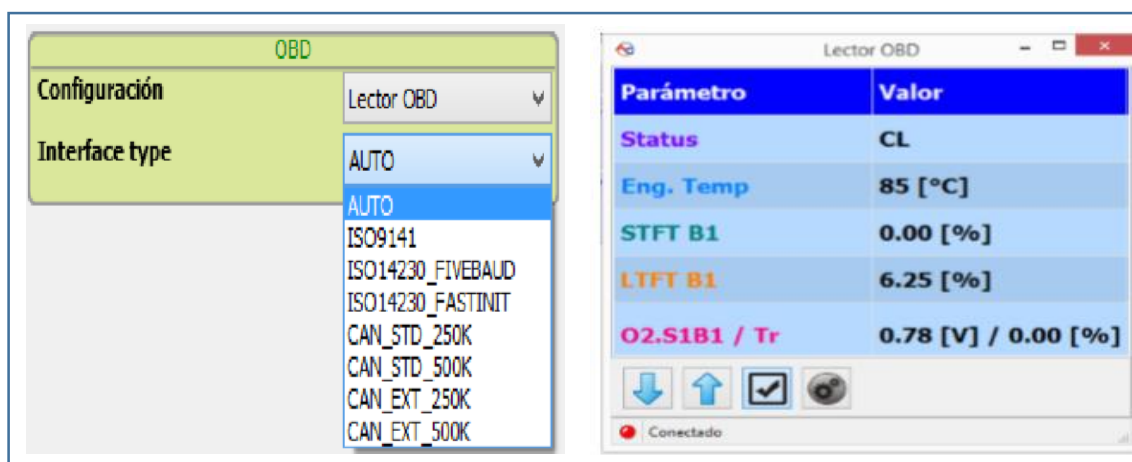


Figura 11: Activación del OBD



La activación del sistema OBD se encuentra en la pestaña de configuración del vehículo, el OBD se activa después de haber realizado la autocalibración del sistema y el vehículo ya ha sido probado en carretera funcionando a GLP.

Activar el OBD permitirá obtener lecturas del funcionamiento del vehículo en tiempo real y de acuerdo a los requerimientos del vehículo realizar las modificaciones necesarias para su correcto funcionamiento, la función del sistema OBD es lograr una mezcla de aire combustible correcta permitiendo al vehículo un mejor desplazamiento y mayor rendimiento con un mayor potencia mecánica.

### **Configuración del OBD**

- Temperatura mínima del motor = 70 °c.
- Umbral de activación de adaptación = 4%
- LTFT máximo =25%

### 3.2 REALIZAR LA MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LOS SENSORES KS, LAMBDA Y LA COMPRESIÓN DEL MOTOR.

**Tabla 6:** *datos obtenidos del vehículo de prueba n° 1 utilizando gasolina y GLP, cada 10000 Km.*

Vehículo de prueba	Lectura	Gasolina	GLP
10000 km	Compresión del motor (bar)	11,21	10,53
	Temperatura lambda (°c)	427,6	408,2
	Sensor ks (v)	3,44	3,38
20000 km	Compresión del motor (bar)	11	10,38
	Temperatura lambda (°c)	402,1	358,4
	Sensor ks (v)	3,47	3,45
30000 km	Compresión del motor (bar)	10,91	10,19
	Temperatura lambda (°c)	378,8	357,7
	Sensor ks (v)	3,52	3,51
40000 km	Compresión del motor (bar)	10,77	10
	Temperatura lambda (°c)	344,6	320
	Sensor ks (v)	3,55	3,57
50000 km	Compresión del motor (bar)	10,56	9,85
	Temperatura lambda (°c)	322	302
	Sensor ks (v)	3,59	3,69

Fuente: elaboración propia

La tabla 6 nos muestra las pruebas realizadas al PRIMER VEHÍCULO DE PRUEBA, que tiene un kilometraje de 9692 kilómetros de recorrido, las pruebas han sido realizadas cada 10000 km de recorrido con el vehículo funcionando en gasolina como combustible, se observa que la presión de compresión desciende desde 11,21bar a 10,56bar para un recorrido de 50000 km, sin embargo cuando el vehículo funciona con GLP como combustible tiene una variación durante el recorrido de 50000 km una disminución de 10,53bar hasta 9,95bar. La disminución de la presión de compresión del motor produce por el desgaste de los anillos del motor, específicamente el segundo anillo del pistón, denominado anillo de compresión. Produciendo pérdidas de potencia mecánicas en el motor.

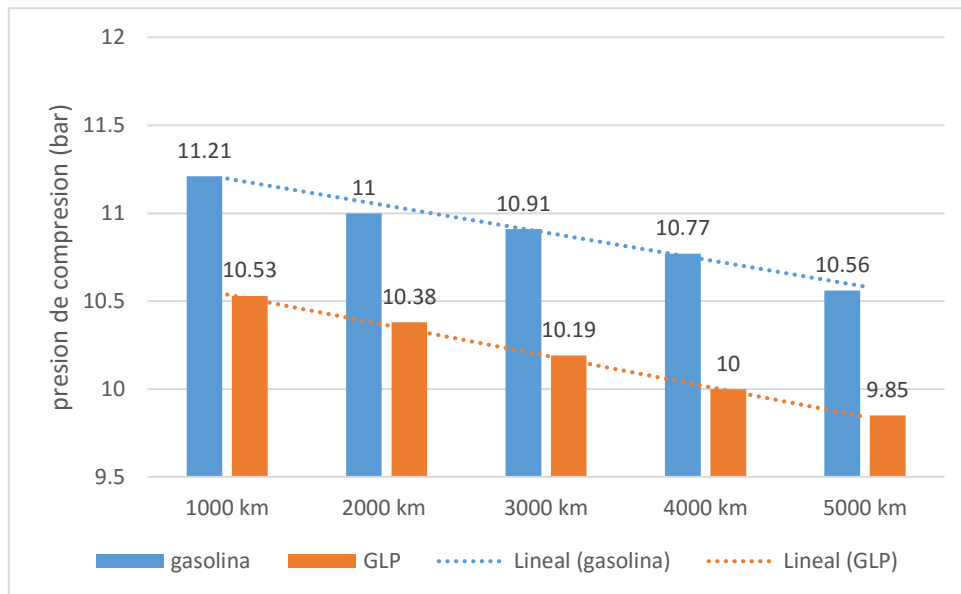


Figura 12: Comparación de la compresión del motor en gasolina y GLP

La figura 12 nos demuestra la variación de la compresión entre ambos tipos de combustible y la pérdida de compresión en el lapso de 50000km.

Los valores de compresión de un motor que se encuentra en correctas condiciones se encuentran en un rango de 100 a 185 PSI (6,89 a 12,76 bar). La diferencia de compresión que debe existir de cilindro a cilindro no debe ser mayor a 20 PSI (1,38 bar).

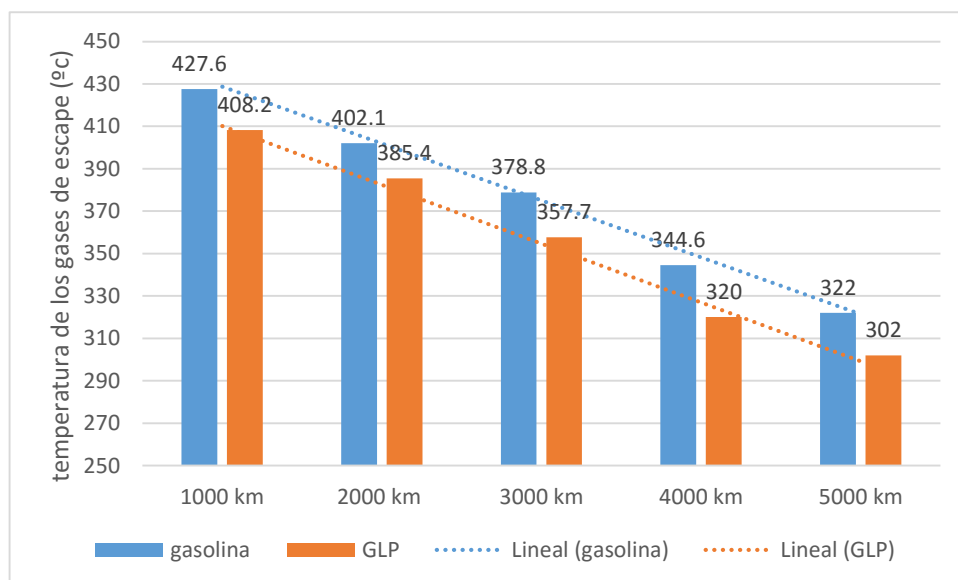


Figura 13: Comparación de la temperatura de los gases de escape del motor en gasolina y GLP

La temperatura de los gases de escape está relacionada con la compresión del motor, por lo tanto disminuye la temperatura a medida que incrementa el recorrido del vehículo, esto es producido porque no hay una correcta combustión dentro del motor.

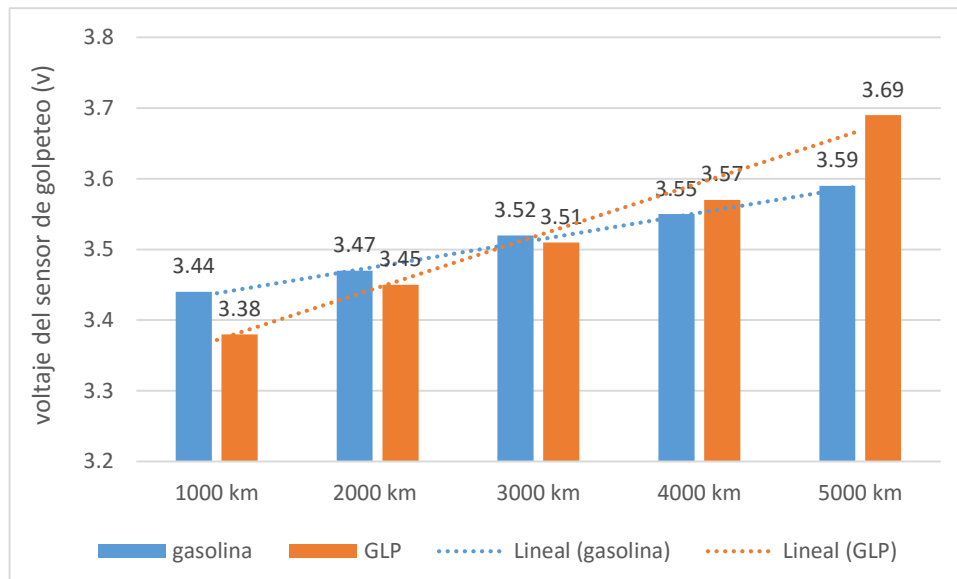


Figura 14: Comparación del voltaje del sensor de ks en gasolina y GLP

La figura 14 nos demuestra la relación que hay entre la compresión el motor y el sensor de golpeteo, determinándose que a mayor desgaste dentro del conjunto móvil existe una menor compresión aumentando la tendencia del sensor de ks del monoblock. Para el caso del funcionamiento en gasolina en un recorrido de 5000 km la disminución del sensor de golpeteo es de 0.15voltios, que equivale al 4,4% de incremento de la señal del sensor de golpeteo del monoblock.

Los datos obtenidos de los manuales del fabricante determinan que los valores mayores al 10% de la variación de la señal, es necesario realizar la reparación del motor, debido al desgaste de las partes móviles internas del motor.

En el caso del funcionamiento del GLP se observa que durante un recorrido de 5000 km la señal del sensor ks del monoblock ha aumentado en 0,31 voltios que equivale al 8,4% de incremento de la señal. El valor obtenido está cerca al porcentaje mínimo requerido para un correcto funcionamiento.

## TABLAS DE VALORES OBTENIDOS A LOS DIFERENTES VEHÍCULOS DE PRUEBAS.

**Tabla 7:** *datos obtenidos del vehículo de prueba n° 2 utilizando gasolina y GLP, cada 10000 Km.*

Vehículo de prueba	Lectura	Gasolina	GLP
10000 km	Compresión del motor (bar)	10.6	10.0
	Temperatura lambda (°c)	406.2	387.8
	Sensor ks (v)	3.6	3.5
20000 km	Compresión del motor (bar)	10.5	9.9
	Temperatura lambda (°c)	382.0	340.5
	Sensor ks (v)	3.6	3.6
30000 km	Compresión del motor (bar)	10.4	9.7
	Temperatura lambda (°c)	359.9	339.8
	Sensor ks (v)	3.7	3.7
40000 km	Compresión del motor (bar)	10.2	9.5
	Temperatura lambda (°c)	327.4	304.0
	Sensor ks (v)	3.7	3.7
50000 km	Compresión del motor (bar)	10.0	9.4
	Temperatura lambda (°c)	305.9	286.9
	Sensor ks (v)	3.8	3.9

Fuente: elaboración propia

El segundo vehículo utilizado para las pruebas se ha encontrado con un recorrido de 14264 kilómetros, en perfecto estado de funcionamiento.

**Tabla 8:** *datos obtenidos del vehículo de prueba n°3 utilizando gasolina y GLP, cada 10000 Km.*

Vehículo de prueba	Lectura	Gasolina	GLP
10000 km	Compresión del motor (bar)	10.1	9.5
	Temperatura lambda (°c)	385.9	368.4
	Sensor ks (v)	3.8	3.7
20000 km	Compresión del motor (bar)	9.9	9.4
	Temperatura lambda (°c)	362.9	323.5
	Sensor ks (v)	3.8	3.8

30000 km	Compresión del motor (bar)	9.8	9.2
	Temperatura lambda (°c)	341.9	322.8
	Sensor ks (v)	3.9	3.9
40000 km	Compresión del motor (bar)	9.7	9.0
	Temperatura lambda (°c)	311.0	288.8
	Sensor ks (v)	3.9	3.9
50000 km	Compresión del motor (bar)	9.5	8.9
	Temperatura lambda (°c)	290.6	272.6
	Sensor ks (v)	4.0	4.1

Fuente: elaboración propia

La tabla numero 8 nos muestra los datos encontrados al tercer vehículo, el cual tenía un recorrido de 24831 kilómetros.

**Tabla 9:** *datos obtenidos del vehículo de prueba n° 4 utilizando gasolina y GLP, cada 10000 Km.*

Vehículo de prueba	Lectura	Gasolina	GLP
10000 km	Compresión del motor (bar)	9.6	9.0
	Temperatura lambda (°c)	366.6	350.0
	Sensor ks (v)	4.0	3.9
20000 km	Compresión del motor (bar)	9.4	8.9
	Temperatura lambda (°c)	344.8	307.3
	Sensor ks (v)	4.0	4.0
30000 km	Compresión del motor (bar)	9.4	8.7
	Temperatura lambda (°c)	324.8	306.7
	Sensor ks (v)	4.1	4.1
40000 km	Compresión del motor (bar)	9.2	8.6
	Temperatura lambda (°c)	295.5	274.4
	Sensor ks (v)	4.1	4.1
50000 km	Compresión del motor (bar)	9.1	8.4
	Temperatura lambda (°c)	276.1	258.9
	Sensor ks (v)	4.2	4.3

Fuente: elaboración propia

El cuarto vehículo requerido para nuestra investigación, antes de realizar las pruebas contaba con un recorrido de 28756 kilómetros.

**Tabla 10:** *datos obtenidos del vehículo de prueba n° 5 utilizando gasolina y GLP, cada 10000 Km.*

Vehículo de prueba	Lectura	Gasolina	GLP
10000 km	Compresión del motor (bar)	9.1	8.6
	Temperatura lambda (°c)	348.3	332.5
	Sensor ks (v)	4.2	4.1
20000 km	Compresión del motor (bar)	9.0	8.5
	Temperatura lambda (°c)	327.5	291.9
	Sensor ks (v)	4.2	4.2
30000 km	Compresión del motor (bar)	8.9	8.3
	Temperatura lambda (°c)	308.5	291.3
	Sensor ks (v)	4.3	4.3
40000 km	Compresión del motor (bar)	8.8	8.1
	Temperatura lambda (°c)	280.7	260.6
	Sensor ks (v)	4.3	4.3
50000 km	Compresión del motor (bar)	8.6	8.0
	Temperatura lambda (°c)	262.3	246.0
	Sensor ks (v)	4.4	4.5

Fuente: elaboración propia

El último vehículo requerido para nuestra investigación contaba con un kilometraje de 30101 kilómetros.

### 3.3 DETERMINAR EL TIEMPO DEL DESGASTE EN EL CONJUNTO MÓVIL DEL MOTOR.

La determinación del desgaste del conjunto móvil de un motor utilizando como combustible el GLP se realiza en función a la variación de parámetros descritos en el ítem 3.2 del presente trabajo de investigación.

#### DESGASTE DE ANILLOS

Para determinar el tiempo de desgaste de los anillos se establece en función a la relación entre la disminución de la potencia mecánica por la disminución de la presión de compresión; la expresión que expresa la relación directa entre la potencia mecánica (P) y la presión de compresión Pm es:

$$P = \frac{\frac{\pi * D^2}{4} * Pm * Nc * S * RPM}{12000}$$

Las características técnicas con las que cuenta el motor 2NZ-FE son las siguientes:

- $Nc = 4$
- $S = 79,60\text{mm}$  (0.0796 m)
- $D = 72\text{mm}$  (7.2cm)
- $e = 90\%$  (0.9)
- *potencia mecánica* = 64kw/6000 rpm

Con los datos técnicos obtenidos de manuales de fabricante se obtiene los valores de potencia mecánica a diferentes condiciones de trabajo y a diferentes RPM de giro del motor.

**Tabla 11:** *Potencia mecánica a diferentes revoluciones y recorridos del vehículo*

VEHICULO DE PRUEBA	RPM	10000 km		20000 km		30000 km		40000 km		50000 km	
		presión media (bar)	potencia mecánica (kw)	presión media (bar)	potencia mecánica (kw)	presión media (bar)	potencia mecánica (kw)	presión media (bar)	potencia mecánica (kw)	presión media (bar)	potencia mecánica (kw)
gasolina	1500	11.61	15.5	11.03	14.73	10.48	13.99	9.95	13.29	9.46	12.62
	2500	11.69	25.2	11.11	23.94	10.55	22.74	10.02	21.61	9.52	20.53
GLP	1500	11	14.6	10.45	13.87	9.93	13.18	9.43	12.52	8.96	11.89
	2500	11.1	24.4	10.55	23.18	10.02	22.02	9.52	20.92	9.04	19.87

Fuente: elaboración propia



En la tabla 11 se observa la tendencia de disminución de la presión media del motor cada 10000 km de recorrido del vehículo dando como resultado una disminución de la potencia mecánica. Durante el funcionamiento en gasolina a 2500 rpm, la potencia mecánica tiende a disminuir en un recorrido de 5000 km de 25.2 kw hasta 20.53 kw. El valor que establece el fabricante como dato técnico para este vehículo es de 64 kw a 6000 rpm.

El fabricante determina que la disminución máxima de la potencia mecánica es del 50%, el fabricante recomienda realizar la reparación del motor.

El 50% de 64 kw, es 32 kw, es decir cuando el motor desarrolle una potencia mecánica de 32kw a 6000 rpm el motor no se encuentra en condiciones óptimas para realizar trabajos. El mismo valor se establece de manera análoga durante el funcionamiento en GLP.

**Tabla 12:** *potencia mecánica a 2500 rpm del vehículo de pruebas n° 1*

Km recorridos	Potencia mecánica a 2500 rpm (kw)	
	Gasolina	GLP
10000	25,20	24,40
20000	23,94	23,18
30000	22,74	22,74
40000	21,61	21,61
50000	20,53	19,87

Fuente: elaboración propia

En la tabla 12, nos muestra valores obtenidos de la potencia mecánica a 2500 rpm, observándose una disminución cada 10000 km de recorrido del vehículo en ambos combustibles (Gasolina y GLP), el estudio se realiza durante un recorrido de 50000 km.

Se sabe que la potencia mínima que debe 32 kw a 6000 rpm, teniendo como referencia esos datos calculamos la potencia mecánica mínima que trabajaría a 2500 rpm sería de 13,3 kw.

Para determinar el tiempo de desgaste del conjunto móvil del motor se empleara una técnica matemática de análisis numérico llamada MÉTODO DE ANÁLISIS CUADRADOS.

La ecuación lineal es la siguiente:

$$Y = a + bX$$

Donde:

Y: Potencia mecánica.

X: Km recorridos.

El análisis del tiempo de desgaste se realiza en una tabla de Excel por, medio de un análisis de datos de regresión lineal simple.

**Tabla 13:** *cálculo de regresión lineal en gasolina*

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.99951463
Coefficiente de determinación R^2	0.9990295
R^2 ajustado	0.998706
Error típico	0.06640783
Observaciones	5

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	13.61889	13.61889	3088.18367	1.2835E-05
Residuos	3	0.01323	0.00441		
Total	4	13.63212			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	26.305	0.06964912	377.678853	4.0935E-08	26.0833454	26.5266546	26.0833454	26.5266546
Variable X 1	-0.0001167	2.1E-06	-55.5714286	1.2835E-05	-0.00012338	-0.00011002	-0.00012338	-0.00011002

Fuente: elaboración propia

Según los datos obtenidos en la tabla 13 del cálculo estadístico de la regresión lineal sobre la potencia mecánica a gasolina en 2500 rpm se tiene la siguiente ecuación:

$$Y = 26.305 - 0.0001167X$$

Reemplazando los valores en  $Y = 13.3\text{kw}$  a 2500 rpm que es la potencia mecánica mínima de trabajo del vehículo al 50%.

$$X = \frac{26.305 - 13.3}{0.0001167}$$

$$X = 111440$$

Es decir, cuando el vehículo haya llegado a 111440 kilómetros de recorrido en gasolina tendrá una potencia de 13.3 kw, por lo tanto las partes móviles ya no se encuentra en condiciones de seguir trabajando siendo necesario realizar una reparación del motor.

De la misma manera determinamos el tiempo de desgaste de los componentes móviles del motor durante su funcionamiento en GLP.

**Tabla 14:** *cálculo de regresión lineal en GLP*

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.99955392
Coeficiente de determinación R^2	0.99910804
R^2 ajustado	0.99881072
Error típico	0.06175219
Observaciones	5

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	12.81424	12.81424	3360.37762	1.1309E-05
Residuos	3	0.01144	0.00381333		
Total	4	12.82568			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	25.474	0.06476625	393.322161	3.6242E-08	25.2678849	25.6801151	25.2678849	25.6801151
Variable X 1	-0.0001132	1.9528E-06	-57.9687642	1.1309E-05	-0.00011941	-0.00010699	-0.00011941	-0.00010699

Fuente: elaboración propia

La tabla 14 determina los siguientes datos obtenidos del cálculo estadístico de la regresión lineal sobre la potencia mecánica a GLP a 2500 rpm, determinándose la siguiente ecuación:

$$Y = 25.474 - 0.0001132X$$

Reemplazando los valores en  $Y = 13.3\text{kw}$  a 2500 rpm.

$$X = \frac{25.474 - 13.3}{0.0001132}$$

$$X = 107544.17$$

Por lo tanto, cuando el vehículo haya recorrido 107544,17 kilómetros en GLP su potencia será del 50% es decir, 13.3 kw por lo tanto ya no se encuentra en condiciones de seguir trabajando por lo que se recomienda realizar la reparación del motor.

Los vehículos de prueba realizan trabajos de servicio público de pasajeros (colectivo). Para realizar el cálculo del tiempo de desgaste de los componentes móviles del motor.

Se han tomado en cuenta los datos del primer vehículo de prueba teniendo como datos que el recorrido durante su trabajo de los días lunes a sábado es de 210 kilómetros en zona urbana.

Para calcular el tiempo de desgaste de los componentes móviles se toma en cuenta el recorrido en GLP por ser el combustible de uso principal y el que determine cuantos meses el vehículo se encuentra en condiciones normales de trabajo.

- Calcular el recorrido mensual a GLP:

$$SEMANA = \text{recorrido diario} * \text{dias de trabajo a GLP}.$$

$$SEMANA = 210 \text{ km} * 6.$$

$$SEMANA = 1260 \text{ km por semana}$$

Reemplazando:

$$MESES = \text{recorrido en una semana} * \text{cantidad de semanas al mes}$$

$$MESES = 1260 \frac{\text{km}}{\text{semana}} * 4 \text{ semanas}$$

$$MESES = 5040 \text{ km}$$

Por lo tanto el recorrido mensual que realiza el primer vehículo de pruebas a GLP es de 5040 kilómetros.

El tiempo de desgaste del conjunto móvil se determina en meses y se realiza por medio de la división del kilometraje máximo para la reparación entre el kilometraje recorrido por mes.

$$T = \frac{\text{kilometraje máximo}}{\text{kilometraje mensual}}$$

$$T = \frac{107544.17}{5040}.$$

$$T = 22 \text{ meses}$$

Se determina qué para el recorrido que realiza el vehículo de 210 kilómetros diarios durante 6 días a la semana, el tiempo máximo de durabilidad del conjunto móvil son de 22 meses, después de ese tiempo el motor no se encuentra en condiciones óptimas de trabajo por la cual necesitara una reparación.

**NOTA:** los datos encontrados pertenecen al primer vehículo de prueba teniendo en cuenta su funcionamiento en GLP, siendo este el determinante para calcular el tiempo de desgaste del motor. Para calcular el tiempo de desgaste de los demás vehículos se deben realizar los mismos procedimientos a partir del capítulo 3.3.

## IV. DISCUSIÓN

El autor Richard Widman en su investigación sobre el mantenimiento de motores de autos convertidos a GNC y GLP nos da a conocer la idea que la mayoría de mecánicos y usuarios piensan sobre los problemas que causa el GLP y la idea que se formado en la sociedad de una gran pérdida de potencia mecánica, En la presente investigación se determina las variaciones que se produce en un motor al usar un combustible alternativo, por la variación química de sus componentes respecto al combustible original del vehículo. Se determinó que el uso del GLP se logra un ahorro económico pero este es más notorio en recorrido extraurbanos de gran distancia.

- Al realizar una comparación de combustibles durante el funcionamiento del vehículo se determina los cambios que se producen en el motor.
- Realizando el cálculo de los parámetros obtenidos se determina que la potencia mecánica (kw) a diferentes RPM de trabajo, el vehículo logra tener una mayor potencia mecánica en gasolina respecto al GLP con un variación de 1.15 % al 3.8%, afirmando las conclusiones de widman, pero la disminución de potencia mecánica es mínima que no afecta el rendimiento del vehículo.
- Se determina que el consumo de GLP es mayor que la gasolina, pero con la diferencia que el GLP su precio es menor logrando un ahorro económico del 18 % al 25% en el usuario (el porcentaje de ahorro económico es variable, depende del costo del litro de GLP, las condiciones de trabajo y la eficiencia del motor).
- El desgaste de los componentes móviles de un motor de combustión interna es normal por la existencia de fricción interna de los componentes móviles
- El desgaste de los componentes móviles tiene consecuencias en los diferentes sensores del motor como en el sensor de lambda disminuyendo la temperatura de los gases de escape por la mala combustión, además, hace variar los voltajes del sensor de golpeteo haciéndolo aumentar el voltaje de salida por el aumento de vibraciones internas del motor.
- A pesar que el GLP tiene un octanaje de 110 octanos respecto a la gasolina usada en este vehículo de pruebas de investigación es de 90 octanos, existiendo una diferencia de 20 octanos, la gasolina tiene mayor poder calorífico entregando mayor energía y por ende mayor potencia.

## V. CONCLUSIONES

- En la tabla número 4 se determina la comparación de funcionamiento entre gasolina y GLP obteniéndose como resultado que durante el funcionamiento del vehículo en GLP hay una disminución en su potencia mecánica que puede variar de 1.15% a 3.77% dependiendo de las revoluciones del trabajo del motor. En la tabla número 5 se obtiene los resultados de la comparación de la diferencia del consumo de combustible (gasolina – GLP). Concluyéndose que el consumo en galones es mayor en GLP, pero su costo es menor, logrando un que puede varias de 17.53% a 28% respecto a la gasolina.
- Analizando los sensores ks, lambda y la compresión del motor se determina el desgaste del conjunto móvil del motor, las pruebas fueron realizadas cada 10000 km con 5 diferentes vehículos y con diferentes kilometrajes de recorrido, desde la tabla número 6 hasta la tabla número 10 observamos a mayor recorrido del vehículo la compresión del motor disminuye generado por el desgaste de los anillos del motor. El análisis de la temperatura de los gases de escape realizado por el sensor lambda determina una disminución de los rangos de temperatura producidos por una mala combustión, el aumento del desgaste del motor produce un aumento de vibración que es detectado por el sensor ks el cual se observa el aumento del voltaje.
- Con los resultados obtenidos por la reducción de la potencia mecánica en diferentes kilometrajes producido por el desgaste de los anillos y la utilización del método de análisis de cuadros de regresión lineal, teniéndose como referencia la potencia mecánica mínima de trabajo del motor y los kilómetros recorridos, se obtiene el tiempo de durabilidad del correcto funcionamiento del vehículo con un promedio de 22 meses.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Para lograr mayor ahorro económico se recomienda el uso de GLP en recorridos extraurbanos, teniendo en cuenta las recomendaciones y/o cuidados determinados por el fabricante.
- Los vehículos modernos en la actualidad son de gran avance tecnológico por lo tanto se recomienda el uso de un sistema de conversión de GLP acorde al vehículo.
- Realizar los mantenimientos del vehículo en los tiempos y kilometrajes determinados por el fabricante, los repuestos utilizados siempre deben ser originales, de esta manera garantizando una buena eficiencia.
- Todo vehículo con funcionamiento a gasolina debería ser convertido a GLP para reducir la contaminación ambiental y obtener un ahorro económico.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Referencias

**BARRERA Suarez, Mauricio Arturo. 2012.** *Estudio del Sistema GLP como Combustible Alternativo de uso en Vehículos automotrices.* Ecuador : s.n., 2012.

**BOSCH. 2015.** *SENSORES DE OXÍGENO BOSCH.* México : s.n., 2015.

**CENGEL, Yunes A y BOLES, Michael A. 2012.** *Termodinámica.* México : s.n., 2012.

**CHINCHAY Zelada, Dick. 2017.** *Análisis técnico económico para Incrementar el tiempo de Vida Útil de un motor Gasolinero convertido a GLP.* Chiclayo : s.n., 2017.

**CISNEROS Cadena, Erick Santiago. 2018.** *Estudio Estadístico del Desgaste de un motor en Tiempos Definidos .* Quito - Ecuador : s.n., 2018.

**CORONADO Agreda, Bernabe. 2017.** *Análisis Comparativo del Rendimiento de un Motor con Sistema Dual Gasolina/ GLP Modelo 0.8L MPI EPSILON a través del Software Stag 200 Easy Hyundai EON.* Chiclayo : s.n., 2017.

**ESPINOZA H, Lara Y. 2008.** *modelo analítico para la determinación del desgaste en motores de combustion interna mediante análisis de lubricante.* Mexico : s.n., 2008.

**ESPINOZA, H, ANTONIO, T y CARABALLO, M.** *Desgaste de un Motor de Encendido por Chispa .* venezuela : s.n.

**OSINERGMIN. 2017.** *La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú 20 años de aporte al desarrollo del país.* lima : s.n., 2017.

*PARQUE Automotor Creció a 300 mil Unidades en Chiclayo.* **RPP. 26 de enero del 2016.** Chiclayo : s.n., 26 de enero del 2016.

**WIDMAN, Richard. 2018.** *El Mantenimiento de Motores de Autos Convertidos a GNC Y GLP.* BOIVIA : s.n., 2018.

**Wikipedia. 2014.** Wikipedia. *fundacion wikimedia, inc.* [En línea] 03 de junio de 2014. [Citado el: 11 de junio de 2018.] <https://es.wikipedia.org>.

## ANEXOS

### 1. Tabla de funcionamiento entre gasolina y GLP.

Vehículo de Prueba	Kilometraje	RPM	Funcionamiento a Gasolina		Funcionamiento GLP	
			Presión Media (Bar)	potencia mecánica (kw)	Presión Media (Bar)	potencia mecánica (kw)
Vehículo 1	9692	850	11.56	10.6	10.964	10.2
		1500	11.68	15.8	11.084	15.4
		2500	11.73	26.2	11.134	25.9
Vehículo 2	14264	850	11.51	10.4	10.914	10.1
		1500	11.63	15.4	11.034	15
		2500	11.71	25.8	11.114	25.4
Vehículo 3	24831	850	11.45	10	10.854	9.8
		1500	11.6	15	11.004	14.7
		2500	11.7	25.1	11.104	24.7
Vehículo 4	28756	850	11.37	9.6	10.774	9.2
		1500	11.57	14.8	10.974	14.4
		2500	11.67	24.6	11.074	24.1
Vehículo 5	30101	850	11.35	9.2	10.754	9
		1500	11.56	14.2	10.964	13.8
		2500	11.64	24	11.044	23.4

## 2. Comparación de consumo entre gasolina y GLP.

vehículo de prueba	tipo de recorrido	kilometraje por día (km)	Gasolina			GLP		
			consumo diario (galón)	consumo por kilómetro (galón)	precio	consumo diario (galón)	consumo por kilómetro	precio
vehículo 1	urbano	210	3.524	S/0.2304	S/48.38	6.24	S/0.190	S/39.90
	extraurbano	350	4.244	S/0.1665	S/58.28	7.82	S/0.143	S/50.00
vehículo 2	urbano	205	3.833	S/0.2568	S/52.63	6.41	S/0.200	S/41.00
	extraurbano	328	4.428	S/0.1854	S/60.80	7.54	S/0.147	S/48.24
vehículo 3	urbano	200	3.789	S/0.2601	S/52.02	6.57	S/0.210	S/42.00
	extraurbano	358	4.962	S/0.1903	S/68.13	7.67	S/0.137	S/49.04
vehículo 4	urbano	216	4.098	S/0.2605	S/56.27	6.75	S/0.200	S/43.20
	extraurbano	418	5.797	S/0.1904	S/79.59	9.33	S/0.143	S/59.71
vehículo 5	urbano	255	4.790	S/0.2579	S/65.76	7.89	S/0.198	S/50.49
	extraurbano	412	5.686	S/0.1895	S/78.07	9.76	S/0.152	S/62.42

3. Tabla de pruebas entre diferentes kilometrajes de recorrido entre gasolina y GLP.

Vehículo de prueba	Lectura	Gasolina	GLP
10000 km	Compresión del motor (bar)	11,21	10,53
	Temperatura lambda (°c)	427,6	408,2
	Sensor ks (v)	3,44	3,38
20000 km	Compresión del motor (bar)	11	10,38
	Temperatura lambda (°c)	402,1	358,4
	Sensor ks (v)	3,47	3,45
30000 km	Compresión del motor (bar)	10,91	10,19
	Temperatura lambda (°c)	378,8	357,7
	Sensor ks (v)	3,52	3,51
40000 km	Compresión del motor (bar)	10,77	10
	Temperatura lambda (°c)	344,6	320
	Sensor ks (v)	3,55	3,57
50000 km	Compresión del motor (bar)	10,56	9,85
	Temperatura lambda (°c)	322	302
	Sensor ks (v)	3,59	3,69

4. Tabla de comparación de la potencia mecánica a diferentes kilómetros de recorrido.

VEHICULO DE PRUEBA	RPM	10000 km		20000 km		30000 km		40000 km		50000 km	
		presión media (bar)	potencia mecánica (kw)	presión media (bar)	potencia mecánica (kw)	presión media (bar)	potencia mecánica (kw)	presión media (bar)	potencia mecánica (kw)	presión media (bar)	potencia mecánica (kw)
gasolina	1500	11.61	15.5	11.03	14.73	10.48	13.99	9.95	13.29	9.46	12.62
	2500	11.69	25.2	11.11	23.94	10.55	22.74	10.02	21.61	9.52	20.53
GLP	1500	11	14.6	10.45	13.87	9.93	13.18	9.43	12.52	8.96	11.89
	2500	11.1	24.4	10.55	23.18	10.02	22.02	9.52	20.92	9.04	19.87

**Tesis:** Estudio del funcionamiento de un vehículo a GLP con motor 1300 cm<sup>3</sup> con sistema OBD para determinar la vida útil del motor

**Empresa:** autogas racho

**Diagnóstico:** inspección de los datos obtenidos de la lectura del OBD

**Encargado:** Quintana Gaona , Joau Marco

Fecha:

Hora:

Componente	Descripción	Símbolo	Gasolina (rpm)					
			ralentí	1500	2000	2500	3000	3500
DTC_CNT								
FUEL SYS 1	Estado del sistema de combustible 1							
FUEL SYS 2	Estado del sistema de combustible 2							
LOAD_PCT	Valor calculado de carga	%						
ECT	Temperatura refrigerante	°C						
SHRTFT 1	Ajuste de combustible a corto plazo - banco 1	%						
LONGFT 1	Ajuste de combustible a largo plazo - banco 1	%						
VSS	Sensor de velocidad del vehículo	km/h						
SPARKADV	Avance de sincronización de encendido para cilindro n° 1	°						
IAT	Temperatura de aire de entrada	°C						
MAF	Flujo de masa de aire	g/s						
TP	Posición absoluta del acelerador	%						
O2B1S1	Banco de voltaje de salida del sensor de oxígeno 1 – sensor 1	V						
SHRTFTB1S1	Banco de recorte de combustible a corto plazo 1 – sensor 1	%						
O2B1S2	Banco de voltaje de salida del sensor de oxígeno 1 – sensor 2	V						
SHRTFTB1S2	Banco de compensación de combustible a corto plazo 1–sensor2	%						
PM	Presión media	psi						
EVAP-PCT	Mandaron la purga evaporativa	%						

Componente	Descripción		Gasolina (rpm)					
			ralentí	1500	2000	2500	3000	3500
CLR_DIST	Distancia desde que se borraron los códigos de diagnóstico de problemas	Km						
BARO	Presión barométrica	KPa						
CATEMP 11	Temperatura del catalizador banco 1 – sensor 1	°C						
CATEMP 12	Temperatura del catalizador banco 1 – sensor 2	°C						
VPWR	Voltaje del módulo de control	V						
LOAD_ABS	Valor de carga absoluta	%						
KS	Sensor de golpeteo	V						
TP_R	Posición relativa del acelerador	%						
TP_B	Posición absoluta del acelerador B	%						
APP_D	Posición del pedal dl acelerador D	%						
APP_E	Posición del pedal dl acelerador E	%						
TAC_PCT	Control del accionador del acelerador ordenado	%						
MIL_TIME	Tiempo transcurrido por el motor mientras se activa MIL							
CLR_TIME	Tiempo desde que se borraron los códigos de diagnóstico de problemas							
Compresión del motor		Psi						

  
 José Isaac Tuñoque Gutiérrez  
 INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
 REG. CIP N° 86537

**Tesis:** Estudio del funcionamiento de un vehículo a GLP con motor 1300 cm<sup>3</sup> con sistema OBD para determinar la vida útil del motor

**Empresa:** autogas racho

**Diagnóstico:** inspección de los datos obtenidos de la lectura del OBD

**Encargado:** Quintana Gaona , Joau Marco

Fecha:

Hora:

Componente	Descripción	Símbolo	GLP (rpm)					
			ralentí	1500	2000	2500	3000	3500
DTC_CNT								
FUEL SYS 1	Estado del sistema de combustible 1							
FUEL SYS 2	Estado del sistema de combustible 2							
LOAD_PCT	Valor calculado de carga	%						
ECT	Temperatura refrigerante	°C						
SHRTFT 1	Ajuste de combustible a corto plazo - banco 1	%						
LONGFT 1	Ajuste de combustible a largo plazo - banco 1	%						
VSS	Sensor de velocidad del vehículo	km/h						
SPARKADV	Avance de sincronización de encendido para cilindro n° 1	°						
IAT	Temperatura de aire de entrada	°C						
MAF	Flujo de masa de aire	g/s						
TP	Posición absoluta del acelerador	%						
O2B1S1	Banco de voltaje de salida del sensor de oxígeno 1 – sensor 1	V						
SHRTFTB1S1	Banco de recorte de combustible a corto plazo 1 – sensor 1	%						
O2B1S2	Banco de voltaje de salida del sensor de oxígeno 1 – sensor 2	V						
SHRTFTB1S2	Banco de compensación de combustible a corto plazo 1–sensor2	%						
PM	Presión media	psi						
EVAP-PCT	Mandaron la purga evaporativa	%						

Componente	Descripción		GLP (rpm)					
			ralentí	1500	2000	2500	3000	3500
CLR_DIST	Distancia desde que se borraron los códigos de diagnóstico de problemas	Km						
BARO	Presión barométrica	KPa						
CATEMP 11	Temperatura del catalizador banco 1 – sensor 1	°C						
CATEMP 12	Temperatura del catalizador banco 1 – sensor 2	°C						
VPWR	Voltaje del módulo de control	V						
LOAD_ABS	Valor de carga absoluta	%						
KS	Sensor de golpeteo	V						
TP_R	Posición relativa del acelerador	%						
TP_B	Posición absoluta del acelerador B	%						
APP_D	Posición del pedal dl acelerador D	%						
APP_E	Posición del pedal dl acelerador E	%						
TAC_PCT	Control del accionador del acelerador ordenado	%						
MIL_TIME	Tiempo transcurrido por el motor mientras se activa MIL							
CLR_TIME	Tiempo desde que se borraron los códigos de diagnóstico de problemas							
Compresión del motor		Psi						

  
 José Isaac Tinoque Gutiérrez  
 INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
 REG. CIP N° 86537



# ACTA DE ORIGINALIDAD DE TURNITIN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## ACTA DE SUSTENTACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Deciderio Enrique Díaz Rubio, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada: **"ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR CON GLP DE 1300 cm<sup>3</sup> CON SISTEMA OBD PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE DESGASTE EN SU CONJUNTO MÓVIL."**, del bachiller:

**QUINTANA GAONA, JOAU MARCO**

Constato que la Tesis tiene un índice de similitud de 18% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 15 de julio del 2019

.....  
Firma  
Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio  
16728343

# FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV</b>	<b>Código :</b> F08-PP-PR-02.02 <b>Versión :</b> 07 <b>Fecha :</b> 31-03-2017 <b>Página :</b> 1 de 1
---	--	---

Yo JOAU MARCO QUINTANA GAONA, identificado con DNI N.º 47997231 egresada de la Escuela de ingeniería mecánica eléctrica de la Universidad César Vallejo, autorizo (x), No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR CON GLP DE 1300 cm<sup>3</sup> CON SISTEMA OBD PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE DESGASTE EN SU CONJUNTO MÓVIL

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

  
FIRMA

DNI: 47997231

FECHA: 13 de Agosto del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



# AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

E. P. DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

QUINTANA GARCIA JOAO MAREO

### INFORME TITULADO:

ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR CON GLP DE 1300 CM<sup>3</sup> CON SISTEMA OBD PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE DESGASTE EN SU CONJUNTO MÓVIL.

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

SUSTENTADO EN FECHA: 05 DE JULIO DE 2019

NOTA O MENCIÓN: APROBADO POR MAYORÍA



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN